

Unbewußte Wahrnehmung:
Bedingungen der direkten Parameterspezifikation

Von der Gemeinsamen Naturwissenschaftlichen Fakultät

DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT CAROLO-WILHELMINA

zu Braunschweig

zur Erlangung des Grades einer

Doktorin der Naturwissenschaften

(Dr.rer.nat.)

genehmigte

DISSERTATION

von Ulrike Steiner

aus Haan/Rhld

1. Referent: Prof. Dr. Dirk Vorberg

2. Referent: Prof. Dr. Frank Eggert

eingereicht am: 09.01.03

mündliche Prüfung (Disputation) am: 18.08.03

2003

(Druckjahr)

Vorveröffentlichungen der Dissertation

Teilergebnisse aus dieser Arbeit wurden mit Genehmigung der Gemeinsamen Naturwissenschaftlichen Fakultät, vertreten durch den Mentor, in folgendem Beitrag veröffentlicht:

Tagungsbeitrag:

Steiner, U., Schendzielarz, I. & Vorberg, D. (2002). Unbewußtes Priming numerischer Urteile – welche Reizmerkmale sind entscheidend? (Poster) 44. Tagung experimentell arbeitender Psychologen. Chemnitz.

....zu Beginn....

Ich möchte mich bei Prof. Dirk Vorberg für die sehr anregende Unterstützung und gute Zusammenarbeit während der Entstehung dieser Arbeit bedanken, durch die ich nicht nur fachlich viel gelernt habe. Ebenso danke ich Prof. Frank Eggert, daß er sich (relativ spontan) bereit erklärte, diese Arbeit zu begutachten.

Besonders bedanken möchte ich mich bei meinen zahlreichen, sehr geduldigen Versuchspersonen und bei Ilka Schendzielarz und Hedwig Bossung, die bei der Datenerhebung halfen.

Mein Dank geht auch an Prof. Pienie Zwitterlood, die mich überhaupt auf den Gedanken brachte, zu promovieren. Den Angehörigen der Abteilung Allgemeine Psychologie der TU Braunschweig danke ich herzlichst für die gemeinsame schöne Zeit. Die fachliche und freundschaftliche Unterstützung hat über viele Durststrecken hinweggeholfen.

Meinem Mann danke ich für seine Geduld mit mir.

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | EINLEITUNG | 3 |
| 2 | DISSOZIATIONEN IM HANDELN UND ERLEBEN | 5 |
| 2.1 | Priming – experimentelle Untersuchung von Dissoziationseffekten | 6 |
| 2.2 | Kortikale Verarbeitung unbewußt wahrgenommener Reize | 8 |
| 3 | THEORIEN ZUR ERKLÄRUNG VON DISSOZIATIONSEFFEKTEN | 10 |
| 3.1 | Grundlegende Vorstellungen zur automatischen Aktivierungsausbreitung | 10 |
| 3.2 | Grundlegende Vorstellungen der Theorie von Milner und Goodale | 12 |
| 3.3 | Grundlegende Ideen der direkten Parameterspezifikation | 13 |
| 3.3.1 | Das Akkumulator-Modell als Mechanismus der direkten Parameter-Spezifikation | 15 |
| 3.4 | Fazit und Vergleich der Theorien | 16 |
| 3.4.1 | Grenzen der automatischen Aktivierungsausbreitung | 16 |
| 3.4.2 | Grenzen der Theorie von Milner und Goodale | 17 |
| 3.4.3 | Vorteile der direkten Parameterspezifikation gegenüber den anderen Theorien | 19 |
| 3.4.4 | Offene Fragen bei der direkten Parameterspezifikation | 20 |
| 4 | ZAHLENKOGNITION | 21 |
| 4.1 | Formatspezifische Unterschiede in der kognitiven Zahlenverarbeitung | 21 |
| 4.2 | Modelle der Zahlenverarbeitung | 23 |
| 5 | METHODEN DER EXPERIMENTELLEN UNTERSUCHUNG | 25 |
| 5.1 | Visuelle Maskierung | 25 |
| 5.1.1 | Methoden der Maskierung | 26 |
| 5.1.2 | Erklärungstheorien | 28 |
| 5.2 | Experimentelle Paradigmen zur Untersuchung von Dissoziationen | 30 |
| 5.2.1 | Ein Maskierungs-Dissoziations-Paradigma als Beispiel | 32 |
| 6 | FRAGESTELLUNGEN | 35 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 7 | EXPERIMENT 1 | 38 |
| 7.1 | Material und Methode | 39 |
| 7.2 | Ergebnisse | 43 |
| 7.2.1 | Datenaufbereitung | 43 |
| 7.2.2 | Reaktionszeit der Sitzungen 2 bis 4 | 44 |
| 7.2.3 | Priming-Funktionen in den Sitzungen 2 bis 4 | 48 |
| 7.2.4 | Fehlerhäufigkeiten in den Sitzungen 2 bis 4 | 50 |
| 7.2.5 | Reaktionszeiten aus den Sitzungen 5 und 6 | 52 |
| 7.2.6 | Priming-Funktionen für die Sitzungen 5 und 6 | 53 |
| 7.2.7 | Ergebnisse des Identifikationsexperimentes | 54 |
| 7.3 | Diskussion | 57 |
| 8 | EXPERIMENT 2 | 61 |
| 8.1 | Material und Methode | 62 |
| 8.2 | Ergebnisse | 63 |
| 8.2.1 | Reaktionszeiten unabhängig vom Blocktyp | 63 |
| 8.2.2 | Reaktionszeiten getrennt nach beiden Blocktypen | 65 |
| 8.2.3 | Priming-Funktionen | 65 |
| 8.2.4 | Fehlerhäufigkeiten | 67 |
| 8.2.5 | Schnelligkeit der Einstellung des Handlungsplans | 68 |
| 8.2.6 | Ergebnisse des Identifikationsexperimentes | 69 |
| 8.3 | Diskussion | 71 |
| 9 | EXPERIMENT 3 | 74 |
| 9.1 | Material und Methode | 75 |
| 9.2 | Ergebnisse | 76 |
| 9.2.1 | Reaktionszeiten | 76 |
| 9.2.2 | Priming-Funktionen | 79 |
| 9.2.3 | Fehlerhäufigkeiten | 81 |
| 9.2.4 | Ergebnisse des Identifikationsexperimentes | 82 |
| 9.3 | Diskussion | 83 |

| | |
|---|------------|
| 10 EXPERIMENT 4 | 86 |
| 10.1 Material und Methode | 86 |
| 10.2 Ergebnisse | 88 |
| 10.2.1 Reaktionszeiten der formatinkonsistenten Sitzungen | 88 |
| 10.2.2 Priming-Funktionen in den formatinkonsistenten Sitzungen | 90 |
| 10.2.3 Fehlerhäufigkeiten in den formatinkonsistenten Sitzungen | 92 |
| 10.2.4 Reaktionszeiten der formatkonsistenten Sitzungen | 95 |
| 10.2.5 Priming-Funktionen für die formatkonsistenten Sitzungen | 96 |
| 10.2.6 Fehlerhäufigkeiten der formatkonsistenten Sitzungen | 97 |
| 10.2.7 Ergebnisse des Identifikationsexperimentes | 97 |
| 10.3 Diskussion | 98 |
| 11 EXPERIMENT 5 | 102 |
| 11.1 Material und Methode | 103 |
| 11.2 Ergebnisse | 104 |
| 11.2.1 Einfluß des Faktors Unterstützung auf die Reaktionszeiten | 104 |
| 11.2.2 Einfluß des Aufgabentyps auf die Reaktionszeiten | 107 |
| 11.2.3 Priming-Funktionen | 109 |
| 11.2.4 Fehlerhäufigkeiten | 110 |
| 11.2.5 Ergebnisse des Identifikationsexperimentes | 112 |
| 11.3 Diskussion | 113 |
| 12 ALLGEMEINE DISKUSSION | 116 |
| 12.1 Direkte Parameterspezifikation | 117 |
| 12.1.1 Welche Parameter befinden sich im Handlungsplan? | 117 |
| 12.1.2 Bedingungen der Aufnahme des Parameters „Format“ | 120 |
| 12.1.3 Bewußtheit der Handlungsplanung? | 121 |
| 12.1.4 Wo greift der Handlungsplan bei der Primeverarbeitung ein? | 122 |
| 12.1.5 Priming ohne Bewußtsein? | 124 |
| 12.2 Konsequenzen für weitere Erklärungstheorien | 125 |
| 12.3 Modelle der kognitiven Zahlenverarbeitung | 126 |
| 12.4 Fazit und Ausblick | 128 |
| 13 ZUSAMMENFASSUNG | 129 |
| 14 LITERATURVERZEICHNIS | 131 |
| 15 ANHANG | 143 |

1 Einleitung

In bestimmten Situationen können nicht bewußt wahrgenommene Informationen unsere Handlungen beeinflussen – unser bewußtes phänomenales Erleben wird von unserem Handeln dissoziiert. Trotz dieser Dissoziation des Erlebens von der Handlung wird die Handlung meist fehlerfrei ausgeführt.

Besonders deutlich werden solche Dissoziationen bei neurologischen Patienten, z.B. bei sogenannten „blindsichtigen“ Patienten. Diese sind zwar aufgrund eines Ausfalls bestimmter Gebiete im primären visuellen Cortex (z.B. aufgrund eines Skotoms) in den korrespondierenden Bereichen ihres visuellen Feldes blind, können aber trotzdem auf in diesem Teil des visuellen Feldes auftauchende Reize reagieren, ohne daß sie eine bewußte Wahrnehmung entwickeln (für einen Überblick zur „Blindsichtigkeit“ siehe Weiskrantz, 1986; für ein Beispiel Cowey & Stoerig, 1991).

Ähnliche Verhaltensweisen finden sich auch bei Patienten mit visueller Formagnosie, bei denen „das Erfassen von kontinuierlichen Linien und Formen gestört“ ist (Goldberg, 1997, S.122). Milner und Goodale (z.B. Milner & Goodale, 1995) beschrieben die Schwierigkeiten einer Patientin D.F., mit ihrer Hand unter visueller Führung einen Gegenstand in ein dazu passendes Loch zu stecken. D.F. konnte diese Aufgabe jedoch richtig ausführen, solange sie nicht auf visuelle Kontrollmechanismen zurückgriff. Unter den gleichen Bedingungen schüttelte sie auch Hände, öffnete Türen und wich Gegenständen aus, ohne von den betroffenen Objekte eine bewußte Vorstellung zu haben.

Auch bei Neglect-Patienten, die das Symptom der Extinktion („Löschung“) zeigen, finden sich Dissoziationseffekte. Bei der Extinktion wird im Falle einer bilateralen Darbietung zweier Reize nur der Reiz im ipsiläsionalen Gesichtsfeld bewußt wahrgenommen, während bei einer unilateralen Darbietung auch ein im kontraläsionalen Gesichtsfeld gezeigter Reiz bewußt wahrgenommen wird. Driver und Vuillmer (2001) berichteten von Patienten, bei denen ein eigentlich „gelöschter“ Reiz die Reaktion auf den bewußt wahrgenommenen Reiz im Rahmen einer Klassifikationsaufgabe hemmen oder bahnen konnte (für einen ausführlichen Überblick siehe eben dort). Rees und seine Kollegen (2000) zeigten mit Hilfe der funktionellen Magnet-Resonanz-Tomographie (fMRT) bei einem Neglect-Patienten, daß der nicht-bewußt kontraläsional wahrgenommene Reiz die primären visuellen und frühen extrastriaten Areale in der läsionierten Hemisphäre aktivierte. Die kortikale Verarbeitung erreichte also mindestens diese Verarbeitungsstufe.

Dissoziationen treten aber auch bei Untersuchungen zu „unbewußter“ oder „subliminaler“ Wahrnehmung auf, deren Existenz lange als umstritten galt (Cheesman & Merikle, 1984; Holender, 1986; Merikle, 1992), heute jedoch allgemein akzeptiert wird (Merikle, Smilek & Eastwood, 2001). Umstritten sind jedoch nach wie vor mögliche Erklärungstheorien und Rahmenbedingungen unbewußter Wahrnehmung und der daraus resultierenden möglichen Dissoziation.

Das Ziel dieser Arbeit war, die Rahmenbedingungen einiger Dissoziationseffekte mit Hilfe eines Priming-Paradigmas genauer zu untersuchen und in die Theorie der direkten Parameterspezifikation einzuordnen, die momentan eine der möglichen Erklärungstheorien darstellt. Um der Leserin und dem Leser eine genaue Vorstellung von Dissoziationseffekten zu geben, wird im Kapitel 2 der Begriff der „Dissoziation“ definiert und unterschiedliche Arten vorgestellt werden. Es folgen Befunde aus Experimenten zum unbewußten Priming sowie Studien zur kortikalen Verarbeitung nicht bewußt wahrgenommener Reize. Anschließend werden drei Theorien vorgestellt und hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit bewertet (Kap. 3). Es handelt sich dabei um die Ideen einer automatischen Aktivierungsausbreitung, der Theorie von Milner und Goodale (1995) und der Theorie der direkten Parameterspezifikation von Neumann (1989, 1990).

Im Anschluß daran werden kurz die Besonderheiten des im experimentellen Teil verwendeten Reizmaterials – nämlich Zahlen – dargestellt (Kap. 4) und die hier verwendete Methode ausführlich erläutert (Kap. 5). Der in den Methoden der Maskierung und des unbewußten Primings kundige Lesende kann dieses Kapitel überspringen und sofort zu den genauen Fragestellungen dieser Arbeit übergehen (Kap. 6). In den Kapiteln 7 bis 11 erfolgt die Darstellung der durchgeführten Experimente und eine abschließende Diskussion in Kapitel 12.

2 Dissoziationen im Handeln und Erleben

Dissoziationen treten auf, wenn ein Reiz unterschiedliche Auswirkungen auf zwei verschiedene Bereiche menschlichen Handelns und Erlebens hat. Neumann (1989) definierte den Begriff „Dissoziation“ in folgender Weise:

„Von einer Dissoziation zwischen der mentalen Repräsentation und der Spezifikation von Handlungsparametern (im folgenden abgekürzt: einem Dissoziationseffekt) soll die Rede sein, wenn ein Reiz oder Reizaspekt Handlungsparameter in einer Weise spezifiziert, die mit der mentalen Repräsentation dieses Reizes oder Reizaspekts nicht übereinstimmt (mit ihr inkongruent ist).“ (S. 34)

Dissoziationen können nach Neumann (1989) sowohl zeitlicher als auch räumlicher Natur sein oder bei der Detektion eines Reizes entstehen. Eine **zeitliche Dissoziation** findet sich z.B. bei der Inkongruenz zwischen dem zeitlichen Reihenfolgeurteil über zwei Reize und der Reaktionszeit auf diese beiden. So ist die Reaktionszeit auf auditive Reize wesentlich kürzer als auf visuelle Reize, obwohl letztere bei einem zeitlichen Reihenfolgeurteil als zuerst erscheinend wahrgenommen werden (Rutschmann & Link, 1964; zit. nach Neumann, 1989). Eine **räumliche Dissoziation** beobachteten Bridgeman und seine Mitarbeiter (1981). Während die Wahrnehmung eines eigentlich stationären Reizes durch induzierte Bewegung beeinflusst wurde, hatte letztere keinen Einfluß auf eine Zeigebewegung zu diesem Reiz hin (siehe aber auch Franz, Fahle, Bülthoff & Gegenfurtner, 2001; Franz, 2001, für gegenteilige Befunde, sowie Bruno, 2001 für eine Diskussion). Eine **Detektions-Dissoziation** findet dann statt, wenn ein Reiz zwar nicht entdeckt werden kann, dieser Reiz jedoch trotzdem Handlungsparameter beeinflusst.

Eine solche Detektionsdissoziation zeigt sich z.B. beim sogenannten **Fehrer-Raab-Effekt** (Fehrer & Raab, 1962; Fehrer & Biedermann, 1962). Dabei löst ein maskierter und somit nicht bewußt wahrnehmbarer Lichtblitz eine motorische Einfachreaktion aus, deren Reaktionszeit sich nicht von den Reaktionszeiten unterscheidet, die durch sichtbare Lichtblitze ausgelöst werden. In der Neumannschen Terminologie bedeutet dies, daß durch den maskierten Lichtblitz zwar kein Bewußtsein, also eine mentale Repräsentation entsteht, bestimmte Aspekte des Lichtblitzes trotzdem die Ausführung der motorischen Reaktion beeinflussen (spezifizieren) können. Es gibt also eine Inkongruenz zwischen der Möglichkeit der Ausführung einer motorischen Reaktion auf den Lichtblitz und der bewußten Wahrnehmung dieses Blitzes.

Detektions-Dissoziationen sind, wie an diesem Beispiel deutlich wird, eng mit unbewußter Wahrnehmung verbunden. Die Verwendung des Begriffs „unbewußte Wahrnehmung“ ist in diesem Zusammenhang nicht unproblematisch. Allerdings sind andere Begriffe, wie z.B. die von Klotz und Neumann (1999) vorgeschlagene „motorische Aktivierung ohne Bewußtsein“, sprachlich umständlicher. Deshalb wird in dieser Arbeit trotz möglicher theoretischer Vorbehalte weiter der Begriff unbewußte Wahrnehmung benutzt.

2.1 Priming – experimentelle Untersuchung von Dissoziationseffekten

Dissoziationen zwischen Handeln und mentaler Repräsentation lassen sich auch experimentell induzieren, z. B. in Untersuchungen zu Bahnungs- und Hemmungseffekten (z.B. Marcel, 1983a; Neumann & Klotz, 1994). Werden zwei in einem Merkmal (z.B. semantisch, graphisch etc.) ähnliche Reize zusammen oder nacheinander dargeboten, kann die Darbietung des einen Reizes die Reaktion auf den anderen Reiz beeinflussen. Man spricht in diesem Zusammenhang von **Priming**. Die Beeinflussung äußert sich z.B. in veränderten Reaktionszeiten oder einer besseren Erkennbarkeit der Reize. Sind beide Reize hinsichtlich des relevanten Merkmals kongruent, sinkt die Reaktionszeit bzw. steigt die Erkennbarkeit, sind sie inkongruent, verlangsamt sich die Reaktionszeit bzw. sinkt die Erkennbarkeit. Der Reiz, auf den reagiert werden muß, wird als **Zielreiz** bezeichnet, der andere Reiz stellt den **Prime**¹ dar.

Priming-Effekte für zwei bewußt wahrnehmbare Reize wurden vielfach untersucht (siehe für unterschiedliche Paradigmen z.B. Becker, Moscovitch, Behrman, & Joordens, 1997; Carramazza & Costa, 2000; Joordens & Becker, 1997; Marsolek, Kosslyn & Squire, 1992; Masson, 1995; McNamara, 1992). Ebenso wie die Existenz unbewußter Wahrnehmung waren auch unbewußte Priming-Effekte umstritten. Die Diskussion bewegte sich vor allem um die verwendeten Methoden und ob die erhaltenen Effekte als Belege für unbewußte Wahrnehmung herangezogen werden können (siehe z.B. Cheesman & Merikle, 1984; Doshier, 1998; Draine & Greenwald, 1998; Greenwald, Klinger & Schuh, 1995; Holender, 1986; Merikle, 1982; Merikle & Reingold, 1998; Reingold & Merikle, 1988).

¹ Es wurde bewußt auf eine Übersetzung des Wortes „prime“ verzichtet, da der Ausdruck „Hinweisreiz“ sich nicht gut von dem ebenfalls oft verwandten Begriff „cue“ absetzen läßt. Hinzu kommt, daß der Begriff Prime fast den Status eines Fachwortes erreicht hat.

Üblicherweise wird in diesen Studien der Prime durch den Einsatz eines Maskierungsreizes „unsichtbar“ gemacht und der Einfluß dieses nicht-sichtbaren Primes auf den Zielreiz untersucht. Bewirkt der Prime einen Dissoziationseffekt, verändert sich also die Reaktion auf den Zielreiz in Abhängigkeit der Beziehung zwischen Prime und Zielreiz bei gleichzeitiger Nicht-Sichtbarkeit des Primes, geht man von einer unbewußten Wahrnehmung und Verarbeitung des Primes aus (Reingold & Merikle, 1988).

Merikle (1982) merkte jedoch an, daß in vielen als Beleg für unbewußtes Priming angeführten älteren Studien die Bestimmung der Schwelle für Bewußtsein nicht korrekt durchgeführt worden sei und deshalb eine mögliche Restwahrnehmung des Primes nicht ausgeschlossen werden könne: Ein Punkt, der auch von Holender (1986) ausführlich kritisiert wurde. Einige Autoren (Neumann, 1989; Vorberg, Mattler, Heinecke, Schmidt & Schwarzbach, in Druck) sind jedoch der Meinung, daß zum Nachweis einer Dissoziation eine vollständige Maskierung nicht notwendig sei (siehe dazu Kap. 5.2).

Da die methodischen Kritikpunkte in den meisten neueren Arbeiten beachtet wurden, herrscht heute kein Zweifel mehr an der Existenz unbewußter Priming-Effekte. Die Effekte wurden in unterschiedlichen Paradigmen nachgewiesen, z.B. bei semantischer und graphischer Ähnlichkeit (Marcel, 1983a), in Wortstamm-Vervollständigungsaufgaben (Debner & Jacoby, 1994), für evaluatives Priming (Draine & Greenwald, 1998), bei einer alphabetischen Entscheidungs- und Benennungsaufgabe (Petit & Grainger, 2002), mit unterschiedlichen geometrischen Formen (z.B. Neumann et al., 1998; Klotz & Wolff, 1995), mit Pfeilen (Vorberg et al., in Druck) und mit Zahlen (Dehaene et al., 1998).

Die Fragen, auf die die Forschung sich jetzt konzentriert, sind auf der einen Seite, wie weit nicht bewußt wahrgenommene Reize verarbeitet werden (z.B. Eimer & Schlaghecken, 1998; Leuthold & Kopp, 1998) und auf der anderen Seite, unter welchen Bedingungen Priming-Effekte als Beispiel für eine Dissoziation auftreten können (z.B. Damian, 2001; Naccache & Dehaene, 2001). Studien zur Beantwortung der ersten Frage werden im nächsten Kapitel vorgestellt. Die zweite Frage nach einigen Bedingungen des Priming wurde in dieser Arbeit untersucht.

2.2 Kortikale Verarbeitung unbewußt wahrgenommener Reize

Unbewußt wahrgenommene Reize aktivieren nicht nur frühe sensorische Areale (Rees et al. 2000), sondern können eine sehr weitreichende kortikale Verarbeitung bis hin zur semantischen Ebene oder Vorbereitung der motorischen Reaktion erfahren, wie die Ergebnisse der Experimente zum unbewußten Priming zeigen. Durch Studien mit bildgebenden und elektrophysiologischen Methoden läßt sich die kortikale Verarbeitung noch genauer verfolgen.

In Priming-Experimenten mit gut sichtbaren Reizen findet sich normalerweise bei der Erhebung ereigniskorrelierter Potentiale (EKP) eine Verringerung der N400-Komponente bei zwei aufeinanderfolgenden semantisch verwandten Reizen, die als ein Hinweis auf eine semantische Verarbeitung gedeutet wird (siehe z.B. Kellenbach, Wijers & Mulder, 2000; Koivisto & Revensuo, 2000; 2001). Bei einer lexikalischen Entscheidungsaufgabe fand Kiefer (2002) die gleiche Verminderung der N400-Komponente, obwohl die eingesetzten Primewörter maskiert und damit nicht bewußt wahrnehmbar waren. Maskierte Reize bewirkten also auch die für semantische Verarbeitung typische N400-Verminderung.

Eimer und Schlaghecken (1998) und unabhängig davon Leuthold und Kopp (1998) zeigten, daß durch maskierte Primes ein lateralisiertes Bereitschaftspotential als Indikator für die Vorbereitung einer motorischen Reaktion ausgelöst wurde. Die Primes riefen dabei nicht nur eine unspezifische Aktivierungsanhebung hervor; sie aktivierten auch die für die korrespondierenden Zielreize verlangten Reaktionen vor. Im Falle kongruenter Prime-Zielreiz-Paare konnte durch die Voraktivierung der „richtigen“ motorischen Reaktion diese beim Erscheinen des Zielreizes schneller ausgelöst werden als im Falle inkongruenter Paare. Bei diesen mußte die Voraktivierung der „falschen“ motorischen Reaktion gehemmt werden, bevor die verlangte Reaktion aktiviert und ausgeführt werden konnte. Diese Hemmung bei inkongruenten Paaren erklärt auch die entstehende verlängerte Reaktionszeit in Priming-Experimenten.

Nicht bewußt wahrgenommenen Primes werden also kortikal bis zur Vorbereitung einer motorischen Reaktion verarbeitet. Hinzu kommt, daß diese Verarbeitung durch die auf den Zielreiz verlangte Reaktion beeinflusst wird, wie es durch die spezifische Aktivierungsanhebung gezeigt wird. Obwohl die Primeverarbeitung also unbewußt bleibt, wird sie durch die vorhandenen Intentionen beeinflusst.

Daß die Primes genauso wie die Zielreize verarbeitet werden, zeigten auch Dehaene und seine Mitarbeiter (1998). Sie untersuchten bei einer Größenkategorisierungsaufgabe von einstelligen Zahlen, denen maskierte Zahlen vorausgingen, sowohl die Reaktionszeiten als auch die hämodynamischen Veränderungen im Gehirn. Sowohl in den Reaktionszeiten als auch in den Veränderungen im Blutfluß zeigte sich der Einfluß der unbewußt wahrgenommenen Primezahlen. Diese Effekte waren unabhängig von dem genauen Format der Prime- und Zielreizzahlen, die sowohl als Ziffern als auch als Zahlwörter vorkamen.

Naccache und Dehaene (2001b) analysierten die in diesem Experiment erhobenen fMRT-Daten und stellten im Sulcus intraparietalis eine verminderte Aktivität bei Wiederholung des gleichen Zahlenwertes innerhalb eines Prime-Zielreiz-Paares fest. Diese verminderte Aktivität, „repetition suppression“ oder fMRT-Adaptation genannt, tritt bei der Wiederholung eines sichtbaren Reizes auf (Desimone, 1996; Grill-Spector et al., 1999, beide zit. nach Naccache & Dehaene, 2001b). Hier trat diese Aktivierungsverminderung auch dann auf, wenn der erste Reiz, also der Prime, maskiert war. Diese Effekte waren ebenfalls unabhängig von dem jeweiligen Format.

In einer anderen Untersuchung (Dehaene et al., 2001) aktivierten maskierte Wörter die gleichen kortikalen Areale (im linken fusiformen Gyrus sowie im Sulcus präcentralis) wie nicht maskierte Wörter. Allerdings war die Höhe der Aktivierung im Falle von maskierten Wörtern schwächer und erfolgte nur unilateral. Trotz der schwächeren Aktivierung verursachten auch maskierte Wörter den Effekt der „repetition suppression“. Wie bei den Zahlen war dies unabhängig von der äußeren Form der Reize (Groß- oder Kleinbuchstaben). Da die Untersuchungen im Rahmen eines Priming-Paradigmas stattfanden, schlossen Dehaene und seine Kollegen daraus ebenso wie aus dem zuerst erwähnten Experiment mit Zahlen (Dehaene et al, 1998), daß die Aufgabenstellung auch die Verarbeitung der Primes beeinflusste – sie also genauso wie die Zielreize behandelt wurden, ohne daß sie ins Bewußtsein gelangten. Bis jetzt gibt es jedoch noch keine eindeutige Theorie als alleingültige Erklärung.

3 Theorien zur Erklärung von Dissoziationseffekten

Zur Erklärung der oben beschriebenen Dissoziations- und Priming-Effekte wurden unterschiedliche Theorien entwickelt, die sich vor allem in ihrer theoretischen Herkunft und möglichen Anwendungsbreite unterscheiden. Aus dem Bereich der Gedächtnispsychologie stammt die Annahme einer automatischen Aktivierungsausbreitung (siehe z.B. Collins & Loftus, 1975), während die Vorstellung einer Informationsverarbeitung in zwei physiologisch getrennten kortikalen Pfaden durch Untersuchungen an Patienten mit neurologischen Störungen entstand (für einen Überblick siehe Milner & Goodale, 1995). Die Überlegungen Neumanns (z.B. 1989) zu einer direkten Spezifikation von Handlungsparametern stammen hingegen aus dem Bereich der Aufmerksamkeitsforschung.

Diese drei Theorien werden in den folgenden Kapiteln vorgestellt und hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit auf die oben beschriebenen Dissoziationseffekte bewertet. Dabei liegt der Fokus der Bewertung auf der Erklärung der experimentell erzeugten Priming-Effekte, da auch in dieser Arbeit solche Effekte untersucht werden. Natürlich sollte jedoch das Ziel jeder Theorie eine Anwendbarkeit in möglichst vielen unterschiedlichen und auch natürlichen Situationen sein.

3.1 Grundlegende Vorstellungen zur automatischen Aktivierungsausbreitung

Theorien der automatischen Aktivierungsausbreitung nehmen an, daß Wissen in unserem Gedächtnis in einem Netzwerk aus Konzeptknoten gespeichert wird, die über unterschiedlich starke Verbindungen („Links“) zusammenhängen. Wird nun ein Konzeptknoten aktiviert, weil mit dem dazugehörigen Wissensselement gearbeitet wird, breitet sich die Aktivierung anhand der Links automatisch über das Netzwerk aus und aktiviert weitere Wissensknoten, die nun aufgrund der schon bestehenden Aktivierung besser verarbeitet werden können. Die Vorstellungen über die genauen Formen der Aktivierungsausbreitung und der Art des Netzwerkes differieren über die einzelnen Theorien; für eine ausführliche Beschreibung der jeweiligen Vorstellungen sei jedoch auf Anderson (1983, zit. nach McNamara, 1992), Collins und Loftus (1975) und Marcel (1983b) verwiesen.

Das Entstehen von Priming-Effekten setzt mehrere Annahmen voraus (siehe dazu Neely, 1991). So stehen in diesem Netzwerk semantisch ähnliche Konzepte näher beieinander als semantisch unähnliche. Hinzu kommt, daß die Stärke der sich ausbreitenden Aktivie-

rung mit zunehmender Entfernung von dem auslösenden Knoten abnimmt. Wird z.B. das Konzept „Apfel“ aktiviert, weil es gerade gelesen wird, aktiviert die sich ausbreitende Aktivierung alle semantisch verwandten und damit nahestehenden Konzepte, wie z.B. „Birne“, stark, während semantisch entfernte Konzepte, wie z.B. „Kuchen“ eine schwächere Aktivierung erfahren. Folgt dem gerade gelesenen Wort „Apfel“ nun das Wort „Birne“, kann es aufgrund der schon vorhandenen Aktivierung schneller erkannt und bearbeitet werden. Da angenommen wird, daß diese Ausbreitung der Aktivierung ohne Bewußtsein geschieht, lassen sich auch die Effekte maskierter Primes erklären.

Beispiele für Untersuchungen zu unbewußten (semantischen) Priming-Effekten, die mit Hilfe einer automatischen Aktivierungsausbreitung erklärt werden, finden sich u.a. bei den Heyer und Briand (1986) oder Marcel (1983a). Ein neueres Experiment wurde von Naccache und Dehaene (2001a) durchgeführt. In einer Größenkategorisierungsaufgabe einstelliger Zahlen („Ist die Zahl größer oder kleiner 5?“) sahen die Versuchspersonen als Zielreize sowohl Ziffern als auch Zahlwörter, denen immer eine maskierte Ziffer oder ein maskiertes Zahlwort voraus ging. Diese Primezahlen wurden nicht bewußt wahrgenommen. Während als Primezahlen alle Zahlenwerte vorkamen, waren die Zahlenwerte der Zielzahlen auf 1, 4, 6 und 9 beschränkt. Trotz dieser Einschränkung fanden sich sowohl für die als Zielzahl vorkommenden Primezahlen (1, 4, 6, 9) als auch für die nicht als Zielzahl vorkommenden Primezahlen (2, 3, 7, 8) Reaktionszeitunterschiede zwischen kongruenten und inkongruenten Prime-Zielreiz-Paaren, die unabhängig von dem jeweiligen Format waren. Naccache und Dehaene interpretierten ihre Ergebnisse so, daß eine Primezahl immer alle Vertreter einer „semantischen“ Kategorie (in diesem Fall „größer/kleiner 5“) mitaktivierte, was im Falle eines kongruenten Zielreizes zu einer schnelleren Verarbeitung aller Vertreter einer Kategorie führte.

Mit Hilfe der Annahme einer automatischen Aktivierungsausbreitung lassen sich also viele – vor allem experimentell erzeugte – Dissoziationseffekte erklären. Allerdings besitzt diese Annahme auch gewisse Grenzen, die innerhalb eines Vergleichs aller Theorien in Kapitel 3.4 angesprochen werden.

3.2 Grundlegende Vorstellungen der Theorie von Milner und Goodale

Schon 1982 schlugen Ungerleider und Mishkin eine kortikale Verarbeitung visueller Information in zwei getrennten Pfaden vor. Der eine Pfad verläuft von den visuellen Arealen ventral bis hin zum inferioren Temporalcortex, während der andere Pfad dorsal zum posterioren Parietalcortex und von dort zu den motorischen Arealen führt. Ungerleider und Mishkin schrieben dem dorsalen Pfad die Verarbeitung räumlicher Eigenschaften wahrgenommener Reize zu („Wo-Pfad“), die zur Handlungsvorbereitung genutzt werden. In dem ventral verlaufenden Pfad sollen Reizeigenschaften wie Form, Größe und Farbe verarbeitet werden („Was-Pfad“) und zur Entstehung einer bewußten Wahrnehmung führen. Werden die Verarbeitungsschritte in einem Pfad gestört, während die Verarbeitung in dem anderen Pfad ungestört weiterlaufen kann, entsteht eine Dissoziation.

Während die Existenz dieser beiden Pfade nicht mehr umstritten ist (Überblick bei Milner & Goodale, 1995; Van Essen & Deyoe, 1995), muß sowohl deren genaue Funktion als auch deren gegenseitige Einflußnahme noch genauer untersucht werden (siehe zu letzterem z.B. Bridgeman, 1999). Milner und Goodale sahen die Funktion des dorsalen Pfades nicht nur in einer einfachen Verarbeitung räumlicher Reizeigenschaften im Sinn des „Wo-Pfades“ von Ungerleider und Mishkin. Vielmehr soll in diesem Pfad die Information, wozu ein Objekt gebraucht werden kann, verarbeitet werden, wobei es feste Verbindungen zwischen einem Endmodul der sensorischen Verarbeitung und bestimmten Effektorsystemen geben soll. Werden Informationen nur im dorsalen Pfad verarbeitet, können dadurch zwar unterschiedliche visuomotorische Systeme aktiviert und somit auch unterschiedliche Handlungen ausgeführt werden, eine bewußte Wahrnehmung entsteht jedoch nicht.

Milner und Goodales Annahmen können sowohl durch die unterschiedlichen neuronalen Eigenschaften in den beiden Pfaden (für eine ausführliche Diskussion siehe Milner & Goodale, 1995; Van Essen & Deyoe, 1995) als auch durch Studien an Patienten gestützt werden. Im Fall von Blindsightigkeit (Weiskrantz, 1986) wird eine Verarbeitung von Restinformationen im dorsalen Pfad angenommen, die zur Ausführung der richtigen Handlung führt, ohne daß die betroffenen Objekte bewußt wahrgenommen werden können. Bei visueller Formagnosie liegen die Läsionen im ventralen Pfad (Milner & Goodale, 1995). Während deshalb keine bewußte Wahrnehmung visueller Reize entstehen kann, können die Patienten unter Nutzung des „Wozu“-Pfades manuelle Handlung mit Hilfe der Richtungs-, Form- und Größeninformation über Objekte ausführen.

Auch die experimentell induzierten Effekte können durch diesen Ansatz erklärt werden. Dissoziationen in Priming-Experimenten entstehen, wenn der Einsatz einer Maske die Verarbeitung der visuellen Information im ventralen Pfad stört, diese im dorsalen Pfad aufgrund einer dort bestehenden kürzeren Verarbeitungsgeschwindigkeit jedoch nicht mehr davon betroffen ist. Auch die in Kapitel 2 schon erwähnte räumliche Dissoziation bei induzierter Bewegung eines eigentlich stationären Reizes (Bridgeman et al., 1981) kann durch diese Theorie erklärt werden. Die induzierte Bewegung „entsteht“ demnach erst im ventralen Pfad und kann somit keinen Einfluß mehr auf die dorsal verlaufenden Arbeitsschritte haben.

Der Vorteil dieser Theorie gegenüber den anderen hier vorgestellten Theorien besteht in ihrer physiologischen Verankerung. Andererseits gibt es sowohl neuropsychologische als auch experimentalpsychologische Befunde, die sich nicht mit dieser vorgeschlagenen Trennung vereinbaren lassen und die in Kapitel 3.4 besprochen werden.

3.3 Grundlegende Ideen der direkten Parameterspezifikation

Eine dritte mögliche Theorie zur Erklärung der Dissoziationseffekte wurde von Neumann (1989; 1990) vorgelegt. Nach Neumann dienen aus der Umwelt aufgenommene Informationen sowohl zur Handlungssteuerung als auch zur Bildung mentaler – und damit nach Neumann bewußter – Repräsentationen. Diese beiden Konsequenzen eingehender Informationen sind jedoch unter der Bedingung einer **direkten Parameterspezifikation** dissoziierbar. Neumann und seine Kollegen (1998) meinten damit eine „Spezifikation motorischer Parameter durch Reize, ohne daß, oder jedenfalls bevor, diese zur bewußten Wahrnehmung gelangen“ (S.190).

Nach Neumann (1989) benötigen wir zur Handlungssteuerung drei „Informationsquellen“, um von einer allgemeinen und unspezifischen Intention zu der Exekution einer Handlung zu kommen: Interne Kontrollstrukturen (d.h. unsere Fertigkeiten), Umgebungsinformation (d.h. äußere Reize) und unsere Handlungsplanung. Kommen nun mindestens zwei dieser drei Informationsquellen zusammen, läßt sich eine Handlung ausführen, wobei der Grad der bewußten Ausführung divergieren kann. Automatische Handlungen ergeben sich z.B. aus einem Zusammenwirken individueller Fertigkeiten und der jeweiligen Umgebungsinformation. Dies kann dann entweder zu basalen automatischen Tätigkeiten wie „Gehen“ aber auch zum Ausführen hochgeübter Fertigkeiten führen.

Dissoziationseffekte treten nach dieser Vorstellung auf, wenn die Ausführung eines gebildeten Handlungsplans allein durch eine eintreffende Umgebungsinformation angestoßen wird. Eine begleitende mentale Repräsentation muß dabei nicht entstehen, da nach der Bildung eines Handlungsplans die motorischen Parameter direkt festgelegt werden können.

Dabei handelt es sich nicht, wie Neumann (1989,1990) ausführlich darlegte, um eine automatische Handlung. Dazu müßte die jeweilige Handlung nur dann ausgeführt werden können, wenn es sich um eine hochgeübte Fertigkeit handelte. Bei vielen in den experimentalpsychologischen Untersuchungen zur unbewußten Wahrnehmung, wie z.B. bei Dehaene et al. (1998), verlangten Reaktionen handelt es sich jedoch nicht um hochgeübte Fertigkeiten. Eine direkte Spezifikation motorischer Handlungsparameter kann also auch bei neuen oder ungeübten Handlungen eintreten.

Auch handelt es sich im Falle einer direkten Parameterspezifikation nicht um eine rein präattentive Verarbeitung einfacher Reizmerkmale im Sinne Treismans (Treisman, 1999; Treisman & Gelade, 1980), da auch dann Dissoziationseffekte auftauchen, wenn mehrere Informationen miteinander kombiniert werden müssen, wie z.B. in der schon oben erwähnten Untersuchung von Bridgeman et al. (1981), in der Orts- und Identitätsinformationen miteinander in Verbindung gebracht werden mußten. Auch die von Dehaene und seinen Kollegen (1998) gefundenen Dissoziationsbefunde bei Zahlen ließen sich durch eine präattentive Verarbeitung nicht erklären.

Neumann (1989) kam deshalb zu dem Schluß, daß eine Dissoziation mentaler Repräsentationen und Handlungen nur dann auftreten kann, wenn die Handlungsplanung schon abgeschlossen ist. Zur Planung einer Handlung werden zwar mentale Repräsentationen der genauen Aufgabe benötigt, um alle nötigen Handlungsparameter vorzubereiten. Ist dies jedoch geschehen, müssen die eingehenden Umgebungsinformationen nur noch die genauen Parameter spezifizieren, damit die Handlung ausgeführt werden kann. Die Bildung einer bewußten Wahrnehmung ist dazu nicht mehr nötig. Ähnliche Überlegungen, daß Dissoziationseffekte erst nach einer bewußt ablaufenden Handlungsplanung entstehen können, wurden auch von Dehaene und Naccache (2001) sowie Jack und Shallice (2001) vorgelegt.

Diese Überlegungen werden durch die Ergebnisse von Neumann & Klotz (1994, Experiment 4) bestätigt. In diesem Experiment wechselte die Aufgabenstellung in jedem Versuchsdurchgang. Die Priming-Effekte als ein Zeichen der Dissoziation traten auf, solange

das Intervall zwischen Ankündigung der Aufgabe und Beginn der Ausführung lang genug war, also die Handlungsplanung abgeschlossen werden konnte.

Eine direkte Spezifikation motorischer Parameter und somit auch eine Dissoziation zwischen Handlung und mentaler Repräsentation tritt nicht nur in einfachen Bedingungen wie bei dem Fehrer-Raab-Effekt auf. Sie wurde auch bei Wahlreaktionen zwischen nicht räumlich kompatibeln Prime- und Zielreizen (Neumann & Klotz, 1994, siehe auch Vorberg et al., in Druck), bei Sprechreaktionen oder komplizierten Handlungen (z.B. Springen) (Ansorge, Klotz & Neumann, 1998, Kibele et al., eingereicht) oder bei schnellen oder langsamen Entscheidungen über die eigene bewußte Wahrnehmung (Klotz & Neumann, 1999) gefunden. All dies beeinflusste nicht, daß ein nicht bewußt wahrgenommener Prime trotzdem die Reaktion auf einen Zielreiz bahnen oder hemmen konnte.

3.3.1 Das Akkumulator-Modell als Mechanismus der direkten Parameter-Spezifikation

Neumann und seine Kollegen machten keine genauen Annahmen über die Mechanismen der direkten Parameterspezifikation. Einen Ansatz bietet das von Vorberg und seinen Mitarbeitern (in Druck) entwickelte **Akkumulator-Modell** (siehe auch Klinger, Burton & Pitts, 2000, für ähnliche Überlegungen). Hier wird davon ausgegangen, daß z.B. bei einer Zweifach-Wahlreaktionsaufgabe in einem maskierten Priming-Paradigma zwei (neuronale) Akkumulatoren jeweils Informationen für die eine oder andere Reaktionsmöglichkeit sammeln. Eine (motorische) Reaktion kann erst dann ausgelöst werden, wenn ein Akkumulator eine nötige Schwelle überschreitet, d.h. wenn z.B. die Differenz der Zustände zwischen beiden Akkumulatoren groß genug ist.

Maskierte Primes sorgen nun dafür, daß bei den Akkumulatoren Informationen für die eine oder andere Reaktionsmöglichkeit eingehen, ohne daß eine bewußte Wahrnehmung entsteht. Die Schwelle kann dann für die nachfolgenden Zielreize in die richtige oder falsche Richtung zur Auslösung einer motorischen Reaktion beeinflusst werden. Die Versuchspersonen reagieren je nach Kongruenzverhältnis schneller oder langsamer, da beim Eintreffen des Zielreizes sich einer der Akkumulatoren näher an der Schwelle befindet. Eine Darstellung der mathematischen Grundlagen des Modells findet sich bei Vorberg et al. (in Druck); eine Anwendung des Modells bei sakkadischen Augenbewegungen bei Schwarzbach (1999).

Im Sinne der direkten Parameterspezifikation könnten im Zuge einer Handlungsplanung nun diese Akkumulatoren eingerichtet oder aktiviert werden, so daß bei der Ausführung der Aufgabe nur noch ihre Aktivität eine Rolle spielt. Vorberg et al. nahmen nicht an, daß es sich bei den Akkumulatoren um feste Verbindungen zwischen einem Endmodul sensorischer Verarbeitung und einzelnen Effektorsystemen handelt, wie Milner und Goodale dies vorschlagen (1995), da sich die Priming-Effekte der Dissoziation auch bei Sakkaden (Schwarzbach, 1999) und bei Farbwahrnehmung (Schmidt, 2000) fanden. Vielmehr gingen sie davon aus, daß es sich dabei um ein zentrales Entscheidungsmodul handelt, welches sensorische Empfindungen mit Handlungen verbindet.

3.4 Fazit und Vergleich der Theorien

Alle drei Theorien bieten Erklärungsansätze für Dissoziations- und unbewußte Priming-Effekte, wenn auch aus unterschiedlichen Sichtweisen. Aber gerade die Annahmen einer automatischen Aktivierungsausbreitung und die Idee zweier kortikaler Pfade weisen gewisse Einschränkungen auf, die ihre Anwendbarkeit begrenzen. Diese sollen im folgenden besprochen und dann ins Verhältnis zur Theorie der direkten Parameterspezifikation gesetzt werden.

3.4.1 Grenzen der automatischen Aktivierungsausbreitung

Obwohl die Einordnung in allgemeine Gedächtnistheorien einen Vorteil dieser Annahmen darstellt, ist der Einsatzbereich zur Erklärung von Dissoziationseffekten sehr eingeschränkt. So bleibt zwischen den verschiedenen Vertretern dieser Annahme umstritten, wie die Netzwerke der Wissensspeicherung aussehen und wie die angenommene Aktivierungsausbreitung vonstatten geht (z.B. Collins & Loftus, 1975; Marcel, 1983b; Anderson, 1983 zit. nach McNamara, 1992). Naccache und Dehaene (2001a) spezifizierten den zugrundeliegenden Mechanismen z.B. gar nicht.

Ein weiterer Nachteil der Annahme einer automatischen Aktivierungsausbreitung besteht nach Neely (1991) darin, daß sie Inhibitionseffekte, also die entstehende Verlangsamung der Reaktionszeiten bei inkongruenten Prime-Zielreiz-Paaren im Vergleich nicht nur zu kongruenten, sondern auch zu neutralen Paaren nicht ohne Zusatzannahmen erklären können (aber siehe Carr & Dagenbach, 1990, für die Annahme eines „center-surround-inhibition-mechanism“).

Einige Effekte lassen sich nicht mit Hilfe einer automatischen Aktivierungsausbreitung erklären. Damian (2001) fand, im Gegensatz zu Naccache und Dehaene (2001a), daß das Entstehen von unbewußten Priming-Effekten davon abhängig war, ob die maskierten Primes auch im Set der Zielreize vorkamen. Er benutzte eine physikalische Größensurteilsaufgabe, in der die Größe von durch Wörter symbolisierten Objekten im Vergleich zu einem Referenzrahmen eingeschätzt wurde. Hier fanden sich nur dann unbewußte Priming-Effekte, wenn die Primewörter auch im Antwortset der Zielreizwörter vorkamen. Befanden sich im Primewortset jedoch andere Wörter als im Zielreizwortset, entstanden trotz semantischer Beziehungen keine Priming-Effekte. Wäre die Aktivierung der Zielreize durch die maskierten Primes automatisch, dürfte sich diese Antwortset-Abhängigkeit nicht finden (siehe auch Abrams & Greenwald (2000) für Effekte der Antwortset-Abhängigkeit bei evaluativem Priming).

Damian interpretierte seine Ergebnisse im Sinne einer sich schnell aufbauenden Verbindung zwischen den jeweiligen Zielreizen im Antwortset und der verlangten motorischen Reaktion (siehe auch Klinger et al., 2000 für ähnliche Vorstellungen). Die oben beschriebenen Ergebnisse von Naccache und Dehaene (2001a) scheinen zwar im Widerspruch zu einer Antwortset-Abhängigkeit zu stehen, könnten aber auf die Besonderheiten der verwendeten Zahlenreize zurückzuführen sein. Die direkte Parameterspezifikation kann für die widersprüchlichen Ergebnisse eine Erklärung liefern.

3.4.2 Grenzen der Theorie von Milner und Goodale

Zwar lassen sich mit dieser Theorie viele Dissoziationseffekte erklären. Es gibt jedoch auch Erkenntnisse, die mit ihr nicht in Einklang zu bringen sind. So stellen vor allem der mögliche Ort der Trennung bzw. die Kommunikation zwischen den beiden Pfaden ein Problem dar (Klotz & Neumann, 1999), als auch die Annahme bestimmter „festverdrahteter“ Verbindungen zwischen der sensorischen Verarbeitung und einzelnen Effektorsystemen (Vorberg et al., in Druck).

Ein Beispiel für nicht mit der Theorie zu vereinbarende neuropsychologische Befunde stellt die schon berichtete auftretende Dissoziation bei Neglect-Patienten während bilateraler Reizdarbietung dar. Obwohl ein Reiz „gelöscht“ und somit nicht bewußt wahrgenommen wurde, beeinflusste er die Reaktion auf einen zweiten Reiz. Da die Läsionen bei Neglect im Parietalcortex und somit auch in dem dorsalen Pfad zugehörigen Arealen liegen, muß die „unbewußte“ Verarbeitung im ventralen Pfad stattgefunden und trotzdem

die motorische Reaktion beeinflusst haben (Driver & Vuilleumier, 2001; siehe aber auch Milner & Goodale, 1995, für eine Diskussion der genauen Lokation der Läsionen bei den Patienten).

Hinweise für eine mögliche Kommunikation zwischen beiden Pfaden lieferten auch die schon beschriebenen Priming-Experimente von Dehaene und seinen Kollegen (1998; siehe S. 9). Hier fanden sich auch dann Priming-Effekte, wenn die verwendete Primezahl ein anderes Format als die jeweilige Zielzahl hatte (z.B. EINS – 4). Dies spricht für eine Verarbeitung beider Reize bis hin zur Erkennung des Zahlenwertes in den gleichen kortikalen Arealen, so daß auch bei unterschiedlichen Formaten eine Beeinflussung stattfand (siehe auch Heinrich, Vorberg & Zwislerlood, 2000, für ähnliche Befunde).

Naccache und Dehaene (2001b) zeigten zusätzlich, daß die Verarbeitung von Zahlen in Arealen des Parietalkortex stattfand – sowohl für bewußt als auch für unbewußt wahrgenommene Zahlen. Maskierte Wörter wurden hingegen in Gebieten des ventralen Pfades verarbeitet und führten trotzdem zu Priming-Effekten (Dehaene et al., 2001). Schmidt (2000) erreichte Priming-Effekte mit Farben, auch diese werden im ventralen Pfad verarbeitet. Zwischen den Pfaden findet also entweder eine Kommunikation statt, oder die Trennung erfolgt später, als von Milner und Goodale vermutet wurde.

Auch die Annahme möglicher „fest-verdrahteter“ Verbindungen zwischen Endmodulen der sensorischen Verarbeitung und einzelnen Effektorsystemen geraten durch experimentelle Ergebnisse ins Wanken. So zeigten Ansorge et al. (1998) in einem Priming-Paradigma mit geometrischen Figuren, daß nicht nur motorische Reaktionen der Hände (also ein einfaches Knopfdrücken), sondern auch Sprechreaktionen als Antwort auf einen Zielreiz durch maskierte Primes beeinflusst wurden. Momentan gibt es jedoch noch keine anatomischen Hinweise darauf, daß es eine Verbindung zwischen dem dorsalen Pfad und den Zentren zur Steuerung von Sprechreaktionen gibt. Auch die Möglichkeit der Beeinflussung von Latenz und Ausführung von Sakkaden durch maskierte Primes, wie sie Schwarzbach (1999) fand, oder die Beeinflussung derart komplexer Situationen wie Springen oder Wenden eines Tennisschlägers zur Vor- bzw. Rückhand (Kibele, Klotz & Neumann, eingereicht), lassen sich nicht im Rahmen einfacher Effektorsysteme erklären.

3.4.3 Vorteile der direkten Parameterspezifikation gegenüber den anderen Theorien

Mit Hilfe der direkten Parameterspezifikation lassen sich viele der oben beschriebenen Widersprüche erklären. So können sowohl die Antwortset-Unabhängigkeit in dem Experiment von Naccache und Dehaene (2001a, siehe S. 11) als auch die Antwortset-Abhängigkeit bei Damian (2001, siehe S. 17) als unterschiedliche Festlegungen im Handlungsplan verstanden werden. Man kann annehmen, daß bei Naccache und Dehaene die Versuchspersonen zwei Antwortklassen für Zahlen größer oder kleiner 5 gebildet haben. Diese beiden Antwortklassen wurden in den Handlungsplan aufgenommen – demnach müssen Zahlenwerte, die in die eine oder andere Kategorie fielen, zu Priming-Effekten führen, unabhängig davon, ob sie als Zielreiz bewußt gesehen wurden oder nicht. Aufgrund der beschränkten Anzahl an zusätzlichen Reizmöglichkeiten und wegen der besonderen Geordntheit von Zahlen war es für die Versuchspersonen wahrscheinlich weniger aufwendig, einfach alle Zahlenwerte mit in den Handlungsplan aufzunehmen, als sich einzelne Zahlenwerte zu merken.

Im Falle des Experimentes von Damian (2001) läßt sich die Antwortset-Abhängigkeit ebenfalls durch kognitive Ökonomie erklären. Bei einer Größenkategorisierungsaufgabe realer Objekte scheint die Anzahl aller möglichen Objekte unendlich. Ebenso war die Einteilung in zwei Antwortklassen (“Größer oder kleiner als ein Referenzrahmen“) nicht so eindeutig zu treffen wie im Fall von Zahlen, da wir Objekte zwar in groß und klein, aber nicht automatisch im Vergleich zu einem Referenzrahmen einteilen. Für die Versuchspersonen war es deshalb wahrscheinlich ökonomischer, die einzelnen Zielreizobjekte, und somit eine begrenzte Anzahl in den Handlungsplan aufzunehmen. Da aber eben nur diese Objekte in den Handlungsplan aufgenommen wurden, führten auch nur diese Objekte als Primes zu Kongruenzunterschieden in der Reaktionszeit. Neue Objekte, die einer Handlungsklasse entsprachen, führten deshalb nicht zu Priming-Effekten.

Auch die Ergebnisse zu den unterschiedlich komplexen Handlungen (z.B. Ansorge et al, 1998; Kibele et al., eingereicht), lassen sich in diesem Rahmen erklären. Wie Neumann (1989) darlegte, kann man nicht nur einfache, sondern auch komplexe Handlungen durch Handlungspläne vorbereiten. Ist ein Handlungsplan jedoch einmal gebildet, muß eine direkte Parameterspezifikation unabhängig von der jeweiligen Komplexität der Handlung möglich sein.

3.4.4 Offene Fragen bei der direkten Parameterspezifikation

Allerdings bestehen auch bei der direkten Parameterspezifikation noch offene Fragen, vor allem zu den genauen Bedingungen der direkten Parameterspezifikation und dem Konzept des Handlungsplans. So fehlt eine systematische Untersuchung dessen, was alles in den Handlungsplan aufgenommen wird, also welche Parameter unter welchen Bedingungen für wichtig erachtet werden. Ebenso ist die Rolle möglicher „strategischer“ Effekte, wie eben zur Erklärung der Antwortset-Abhängigkeit bei Damian (2001) herangezogen, noch ungeklärt.

Diese Fragen wurden im Rahmen der hier vorliegenden Arbeit aufgegriffen und genauer untersucht. Die dazu bisher verwendeten geometrischen Figuren als Reizmaterial von Neumann und Klotz (1994) waren jedoch für diesen Zweck zu eingeschränkt. Es bot sich daher an, auf komplexere Reize, wie z.B. Zahlen, überzugehen, wie sie auch schon Dehaene und seinen Kollegen (z.B. 1998) einsetzten. Im nächsten Kapitel wird deshalb ein kurzer Überblick über die für die hier durchgeführten Untersuchungen relevanten Aspekte der Zahlwahrnehmung und -verarbeitung gegeben.

4 Zahlenkognition

Natürliche Zahlen bilden einen wichtigen Bestandteil unseres alltäglichen Lebens. Dabei haben wir es vor allem mit arabischen Ziffern, aber auch Zahlwörtern zu tun. Weniger oft, aber auch nicht ungewöhnlich, ist die Verwendung anderer Symbole, wie z.B. Punkten auf Würfeln, römischer Ziffern oder Strichen. Aufgrund der vielfältigen Darstellungsmöglichkeiten bieten Zahlen ein gutes Material für Experimente, um höhere kognitive Funktionen zu untersuchen. Sie werden auch im Rahmen von Priming-Experimenten benutzt (z.B. bei Dehaene et al., 1998).

Im Gegensatz zu Wörtern besitzen Zahlen eine natürliche Anordnung. Restle (1970) ging von einem „mental Zahlenstrahl“ aus (siehe dazu auch Dehaene & Mehler, 1992). Ein Beleg für diesen mentalen Zahlenstrahl ist der semantische Distanzeffekt (Moyer & Landauer, 1967). Zwei Zahlen sind schwieriger voneinander zu unterscheiden, wenn sie einen ähnlich großen Zahlenwert besitzen. Je weiter zwei Zahlen jedoch auf dem („mental“) Zahlenstrahl auseinander liegen, desto besser lassen sie sich unterscheiden. Auch den Heyer und Briand (1986) zeigten in einem Priming-Experiment, daß die mentale Repräsentation von Zahlen der eines Zahlenstrahls folgt. Die Aktivierung einer Zahl bahnte die Reaktion auf benachbarte Zahlen. Definiert man die semantische Repräsentation von Zahlen als die mentale Repräsentation der Quantität, die mit einer bestimmten Zahl assoziiert ist, wie Koechlin und ihre Kollegen (1999) dies tun, dann lassen sich mit Zahlen auch semantische Verarbeitungsprozesse untersuchen.

Hinzu kommt, daß Zahlenmaterial im Gegensatz zu Wörtern einer semantischen Klasse (fast) unendlich ist. Durch die Verwendung unterschiedlicher Formate zur Darstellung des gleichen Zahlenwertes vergrößert sich auch die Menge der möglichen Reize in einem kleineren Zahlenbereich. Allerdings gehen die Meinungen bezüglich formatspezifischer Unterschiede in der Zahlenverarbeitung auseinander.

4.1 Formatspezifische Unterschiede in der kognitiven Zahlenverarbeitung

Bei der Diskussion formatspezifischer Unterschiede in der kognitiven Zahlenverarbeitung werden hier nur die Unterschiede zwischen Ziffern und Zahlwörtern aufgegriffen, da diese auch für die hier vorgestellten Experimente interessant waren. Für Untersuchungen der Formateinflüsse auch bei anderen Formaten, wie z.B. Punkten oder römischen

Ziffern, sei auf Campbell (1994), Shepard, Kilpatrick und Cunningham (1975) sowie Vorberg und Blankenberger (1993) verwiesen.

Dehaene und Akhavein (1995) stellten fest, daß, wenn überhaupt Einflüsse des Formats existieren, diese sehr klein und inkonsistent seien (siehe dazu Campbell, 1994, für gegenteilige Befunde und McCloskey & Macaruso, 1995, für eine ausführliche Diskussion). Eventuelle Unterschiede fanden sich vor allem in den ersten formatspezifischen Identifikationsprozessen, die u.a. zu langsameren Reaktionszeiten bei Zahlwörtern führten (Cipolotti & Butterworth, 1995; Dehaene & Akhavein, 1995; Noel & Seron, 1992). Dehaene (1996) fand eine veränderte N1-Komponente im EKP und führte diese auf unterschiedliche Identifikationsprozesse zurück, da sich sowohl für Zahlwörter als auch für Ziffern ein Distanzeffekt in den EKP- und Verhaltensdaten zeigte. Auch bei der schon zitierten Untersuchung von Naccache und Dehaene (2001b) entstand die im Sulcus intraparietalis beobachtete Aktivierung formatunabhängig.

Es gibt aber auch Hinweise auf einen Einfluß des Formats, der über die ersten Identifikationsprozesse hinaus gehen kann. So stellte Cipolotti (1995) einen Patienten vor, der eine Störung des Lesens von Ziffern, aber nicht von Zahlwörtern, Buchstaben oder anderen Wörtern aufwies. Dies spricht zumindestens für eine zeitweise unterschiedliche kortikale Verarbeitung beider Formate. Auch Campbell (1994) berichtete von formatspezifischen Interaktionen beim Lösen einfacher Multiplikations- und Additionsaufgaben.

Blankenberger und Vorberg (1997) fanden, daß das Format nur unter bestimmten Umständen eine Rolle spielte. Ihre Versuchspersonen mußten 2 Operanden multiplizieren oder addieren. Diese wurden entweder beide visuell gezeigt oder ein Operand mußte im Gedächtnis behalten werden, während der andere Operand visuell dargeboten wurde. In letzterem Fall hatte das Format der Operanden (Ziffer, Zahlwort oder Würfelpunkte) keinen Einfluß auf das Muster der Ergebnisse. Additionen wurden etwas schneller bearbeitet als Multiplikation; mit Zahlwörtern wurde langsamer gerechnet als mit Würfelpunkten oder Ziffern. Dieses Muster fand sich so auch bei anderen Aufgaben, z.B. bei der Addition plus 1 (Blankenberger & Vorberg, 1997; Experiment 1) und läßt sich mit unterschiedlichen Identifikationsprozessen erklären. Wurden beide Operanden jedoch visuell dargeboten, hatte das Format einen Einfluß auf die Reaktionsgeschwindigkeit, je nach Aufgabentyp. Mit Zahlwörtern wurde wesentlich schneller multipliziert als addiert; bei den beiden anderen Zahlenformaten war es jedoch umgekehrt. Die formatspezifischen Unterschiede traten anscheinend nicht nur bei der Identifikation, sondern auch bei den Re-

chenoperationen, also bei tieferen Verarbeitungsprozessen auf. Auch der Einsatz des Arbeitsgedächtnis scheint nach Blankenberger und Vorberg eine Rolle beim Entstehen von formatspezifischen Effekten eine Rolle zu spielen.

Ebenso entdeckten Koechlin, Naccache, Block und Dehaene (1999), daß unter bestimmten Umständen die Verarbeitung der Information über die Größe durch das Format beeinflußt wurde. Dies soll weiter unten noch genauer dargestellt werden. Fias, Reynsvoet und Brysbaert (2001) gingen aufgrund ihrer Experimente sogar davon aus, daß Zahlwörter wie andere Wörter kognitiv verarbeitet wurden, die Verarbeitung von Ziffern jedoch eher der Bildverarbeitung ähnelt.

Ob und wie genau das Format einer Zahl einen Einfluß auf die kognitive Verarbeitung hat, ist somit noch nicht geklärt. Auf alle Fälle sollten mögliche Unterschiede im Format auch in Modellen der kognitiven Verarbeitung von Zahlen berücksichtigt werden.

4.2 Modelle der Zahlenverarbeitung

Gerade in der Rolle der formatspezifischen Einflüsse auf unsere kognitive Zahlenverarbeitung unterscheiden sich die wichtigsten Modelle, die in den letzten Jahren diskutiert wurden. Campbell und Clark (1988) nahmen an, daß die Zahlenverarbeitung in einem Netzwerk aus formatspezifischen Modulen stattfindet, in denen Rechenoperationen je nach Format der zu bearbeitenden Zahl qualitativ unterschiedlich durchgeführt werden.

McCloskey und seine Kollegen (siehe z.B. Macaruso, McCloskey & Aliminosa, 1993; McCloskey, 1992) gingen hingegen von einer zentralen formatunspezifischen Größenrepräsentation aus, in der alle Operationen durchgeführt werden, unabhängig von dem jeweiligen Eingabe- und Ausgabeformat der verwendeten Zahlen.

Dehaene (z.B. 1992, Dehaene & Akhavein, 1995) nahm in seinem „Triple-Code“-Modell an, daß Zahlen in den drei unterschiedlichen Repräsentationen („Codes“) Zahlwort, Ziffer und analoger Größenrepräsentation dargestellt werden und in die jeweils anderen transferiert werden können. Die Durchführung bestimmter Operationen ist danach jedoch an bestimmte Repräsentationen gebunden. Soll z.B. über die Parität eines Zahlwortes entschieden werden, muß dieses nach dem Modell erst in das Ziffernformat übertragen werden, da Paritätsentscheidungen nur in diesem Format getroffen werden können.

Koechlin und Kollegen (1999) gingen jedoch in einem neueren Modell davon aus, daß es bei der mentalen Zahlenverarbeitung sowohl eine Trennung nach formatspezifischen

Repräsentationen als auch eine formatunabhängige Repräsentation geben muß, die jedoch zu einem späteren Zeitpunkt in dem Verarbeitungsprozeß erreicht wird. Sie untersuchten u.a., ob es zu Quantitäts-Priming kam. Dabei wird auf eine Zielzahl schneller reagiert, wenn die numerische Distanz zur Primezahl gering ist (Brysbaert, 1995, den Heyer & Briand, 1986) – eine Art umgekehrter semantischer Distanzeffekt. Waren die zwei gezeigten Zahlen gut sichtbar, fanden sich die erwarteten Effekte unabhängig von dem Format beider Zahlen, war jedoch die erste Zahl maskiert, waren die Effekte formatabhängig.

Koechlin und Mitarbeiter nahmen deshalb an, daß sich die mentale Größenrepräsentation aus mehreren formatspezifischen Größenrepräsentationen zusammensetzt, die jedoch im „Normalfall“ zusammenarbeiten und deshalb als eine Einheit wahrgenommen werden. Wird ein Zahlenwert z.B. als Ziffer gezeigt, aktiviert diese die dazugehörige Größenrepräsentation, wobei sich die Aktivierung mit einer gewissen Verzögerung auch auf die anderen formatspezifischen Größenrepräsentationen ausbreitet. Auf dieser Ebene finden dann auch die eben beschriebenen Priming-Effekte statt bzw. nicht statt, wenn der zeitliche Abstand zwischen Prime und Zielreiz zu kurz ist. Erst nach dieser Größenrepräsentation einer Zahl können weitere Operationen mit den Zahlen durchgeführt werden, die dann formatunabhängig sind – wie z.B. das Bahnen oder Hemmen einer motorischen Reaktion.

Auch wenn die genaue kognitive Verarbeitung von Zahlen noch nicht geklärt wurde, bieten sich Zahlen aufgrund der oben genannten Vorteile als Untersuchungsmaterial für höhere kognitive Verarbeitungsschritte an. In dieser Arbeit wurde mit ihrer Hilfe die Theorie der direkten Parameterspezifikation genauer untersucht und sich dabei die unterschiedlichen Formate zunutze gemacht, um die Aspekte des Handlungsplans noch genauer untersuchen zu können. Im folgenden Kapitel werden die methodischen Grundlagen der verwendeten Untersuchungsmethode erläutert.

5 Methoden der experimentellen Untersuchung

Zur experimentellen Untersuchung der Dissoziationseffekte wird häufig – wie oben schon erwähnt – die Methode des Primings eingesetzt. Dabei wird der Einfluß eines nicht sichtbaren Primes auf einen sichtbaren Zielreiz untersucht. Die Nicht-Sichtbarkeit des Primes wird durch unterschiedliche Methoden der Maskierung erreicht. Der Einfluß des Primes wird vielfach indirekt gemessen, indem die Veränderungen der Reaktionen, die auf den Zielreiz erfolgen, in Abhängigkeit des Verhältnisses zwischen Prime und Zielreiz gemessen werden (Reingold & Merikle, 1988).

In den folgenden Kapiteln wird zuerst ein Überblick über unterschiedliche Maskierungsmethoden und mögliche Erklärungen gegeben. Danach wird ein Maskierungs-Dissoziations-Paradigma, das auch in dieser Arbeit angewendet wurde, vorgestellt. Dem weniger erfahrenden Lesenden wird so die Möglichkeit gegeben, sich von den hier verwendeten Untersuchungsmethoden ein genaueres Bild machen zu können.

5.1 Visuelle Maskierung

Von visueller Maskierung wird gesprochen, wenn die Sichtbarkeit eines Reizes durch die (gleichzeitige oder zeitlich versetzte) Darbietung eines anderen Reizes reduziert wird (Breitmeyer, 1984; Weisstein, 1968). Wie Enns und Di Lollo (2000) feststellten, wurde diese Methode in den meisten experimentellen Arbeiten, und so auch hier, als „Mittel zum Zweck“ angewandt, um die Aufgabenschwierigkeit oder die bewußte Wahrnehmung eines Reizes zu manipulieren. Nur wenige Arbeiten befaßten sich mit den dahinterstehenden Mechanismen (z.B. Francis, 1997, 2000). Der Schwerpunkt der Darstellung hier liegt auf den Aspekten visueller Maskierung, die das Verständnis der in dieser Arbeit vorgestellten Untersuchungen erleichtern sollen. Für eine ausführliche Darstellung zu den Phänomenen visueller Maskierung sei auf Breitmeyer (1984) und die Arbeiten von Enns und Di Lollo (z.B. 2000) verwiesen.

5.1.1 Methoden der Maskierung

Die Reduzierung der Sichtbarkeit kann durch einen Reiz geschehen, der vor dem betroffenen Reiz, gleichzeitig, oder erst nach diesem Reiz gezeigt wird. Man spricht dann von Vorwärts-, Simultan- und Rückwärtsmaskierung (Breitmeyer, 1984; Kahneman, 1968; Enns & Di Lollo, 2000).

In vielen Fällen ist der Zeitabstand zwischen dem Erscheinen beider Reize kritisch für die Maskierungswirkung. Wird das Zeitintervall zwischen dem Beginn des ersten Reizes und dem des zweiten Reizes angegeben, bezeichnet man dieses als „SOA“² („stimulus-onset asynchrony“). Bei Interstimulus-Intervallen (**ISI**) handelt es sich um das Zeitintervall zwischen Ende des ersten und Beginn des zweiten Reizes (für eine ausführliche Diskussion der Unterschiede zwischen SOA und ISI, siehe Breitmeyer, 1984). Im Falle einer Vorwärtsmaskierung werden die SOAs aus der Konvention heraus in negativer Form, bei einer Rückwärtsmaskierung in positiver Form wiedergegeben (Kahneman, 1968; Weisstein, 1968).

Trägt man die Effektivität der Maske gegen das jeweilige SOA ab, erhält man eine **Maskierungsfunktion**. Diese kann mit zunehmender zeitlicher Trennung zwischen Prime und Maske, also mit ansteigendem SOA, monoton fallend sein, wobei die beste Maskierung bei einer simultanen Darbietung von Prime und Maske erreicht wird („Typ A“, Kolers, 1962). Die Maskierungsfunktion kann jedoch auch einen u-förmigen Verlauf haben. In diesem Fall ist der Prime bei sehr kurzen oder bei sehr langen SOAs gut sichtbar; in einem mittleren SOA-Bereich wird hingegen eine optimale Maskierung erreicht („Typ B“). Welche Maskierungsfunktion entsteht, hängt von dem Verhältnis der Energie des Primes im Vergleich zur Maske ab (Weisstein, 1968). Einflüsse weiterer Parameter diskutierten Breitmeyer (1984) und Lefton (1972; siehe aber auch Eriksen, Becker & Hoffman, 1970, für eine Kritik an der Typ-B-Maskierung).

Da auch in dieser Arbeit die Methode einer Rückwärtsmaskierung angewandt wurde, beschränkt sich die weitere Darstellung in diesem Kapitel auf diese Maskierungsart. Viele der hier dargestellten Überlegungen lassen sich jedoch auch auf die beiden anderen Maskierungsmethoden übertragen.

² Bei der Übertragung englischer Fachwörter ins Deutsche ergeben sich häufig in der Wahl des passenden Geschlechts Uneindeutigkeiten. Eigentlich böte sich im Falle der Abkürzung „SOA“ das Femininum an („die Asynchronie“). Eine inoffizielle und nicht repräsentative Umfrage in der Abteilung für Allgemeine Psychologie an der TU Braunschweig ergab jedoch, daß sich die Benutzung des Neutrums eingebürgert hat. Da dies auch mit meinem Sprachgefühl übereinstimmt, wird auch hier weiterhin von „dem SOA“ die Rede sein.

Die Benennung der Reize in einem Maskierungs-Paradigma ist, wie schon Weisstein (1968) bemerkte, in gewisser Weise willkürlich und von der im Experiment zu bearbeitenden Aufgabe abhängig. Handelt es sich um ein Experiment zur Untersuchung der Maskierung, wird derjenige Reiz, dessen Sichtbarkeit untersucht wird, als Zielreiz bezeichnet, der Reiz, der zu Reduzierung der Sichtbarkeit führt, als Maske. Wird die visuelle Maskierung jedoch eingesetzt, um z.B. den Einfluß eines nicht bewußt wahrgenommenen Reizes auf einen anderen Reiz zu untersuchen (wie in einem Priming-Paradigma), dann wird der Reiz mit der reduzierten Sichtbarkeit als Prime bezeichnet. Der zweite Reiz kann dann entweder als Maske oder im Falle einer Metakontrastmaskierung (s.u.) auch als Zielreiz bezeichnet werden. Im weiteren Verlauf der Arbeit sollen die Bezeichnungen Prime und Zielreiz (für die Maske) verwandt werden, um die Differenzen zu den in Kapitel 2.1 eingeführten Bezeichnungen so gering wie möglich zu halten.

Unabhängig von der zeitlichen Reihenfolge des Primes und des Zielreizes lassen sich die Maskierungsmethoden nach Enns und Di Lollo (2000) in eine Maskierung durch Muster (z.B. bei Dehaene et al., 1998), eine Maskierung durch Metakontrast (Stigler, 1910) und eine Maskierung durch Objektsubstitution unterteilen (Enns & Di Lollo, 2000; für eine etwas andere Einteilung siehe Breitmeyer, 1984 und Breitmeyer & Ogmen, 2000).

Bei der **Mustermaskierung** werden Prime und Maske entweder als Teil des gleichen Musters wahrgenommen (z.B. bei gleichzeitiger Darbietung) oder die Verarbeitung des Primes wird durch das Auftauchen der Maske am selben Ort unterbrochen. Bei dieser Maske kann es sich um eine Struktur oder um ein zufällig erzeugtes Muster handeln. Häufig wird hier eine Kombination von Vorwärts- und Rückwärtsmaskierung angewandt und vor und nach der Primedarbietung eine Muster-Maske präsentiert (für Beispiele siehe Breitmeyer, 1984; Dehaene et al., 1998).

Für **Metakontrast** gaben Steglich und Neumann (2000) folgende Definition: „It is a particular type of visual backward masking that occurs when two figural stimuli with similar adjacent contours are presented in rapid succession“ (S.37). Im Gegensatz zur Mustermaskierung überlappen sich die beiden Reize nicht, ihre Konturen stoßen entweder genau aneinander oder sind durch einen geringen Zwischenraum getrennt. Es kann sich dabei um einen Reiz (z. B. einen Lichtblitz) handeln, der von zwei weiteren Reizen flankiert wird, die „Drei-Objekte-Anordnung“ (z.B. Alpern, 1953; Fehrer & Raab, 1962) oder um zwei Figuren, bei denen die äußeren Konturen der kleineren Figur an die inneren Kontu-

ren der größeren Figur angrenzen, eine sogenannte „Scheibe-Ring-Anordnung“ (Werner, 1935; für weitere Beispiele siehe Breitmeyer, 1984, Neumann et al., 1998).

Die Effektivität dieser Maskierungsart ist von unterschiedlichen Bedingungen abhängig, wie z.B. dem Abstand der beiden Reize voneinander (siehe z.B. Breitmeyer, Clark, Hogben & Di Lollo, 1991; Lefton, 1972), der Einwirkung des SOAs (Breitmeyer, 1984; aber auch Di Lollo, Bischof, Dixon, 1993) oder Übungs- und Aufmerksamkeitseffekten (Enns & Di Lollo, 1997; Hogben & Di Lollo, 1984, siehe aber auch Klotz & Neumann, 1999 für gegenteilige Befunde).

Eine relativ neue Form der Maskierung durch **Objektsubstitution** wurde von Enns und Di Lollo (1997) vorgeschlagen. In diesem Fall reicht eine aus vier Punkten bestehende Maske aus, die den zu maskierenden Reiz umgibt, diesen aber weder berührt, überlagert oder eine umgebende Kontour bildet. Im Gegensatz zur Metakontrastmaskierung, bei der ein bestimmter zeitlicher Abstand zwischen Prime und Maske bestimmend für die Güte und den Verlauf der Maskierung ist (Breitmeyer, 1984; Kahneman, 1968), scheint dies bei der Maskierung durch Objektsubstitution irrelevant zu sein. Entscheidend ist hier, daß die Darbietungsdauer der Maske die des Primes übersteigt. Ein weiterer Unterschied scheint die Abhängigkeit der Maskierungsgüte von der Aufmerksamkeitsverteilung zu sein (Enns & Di Lollo, 1997). Für einen Überblick über weitere Eigenschaften sei auf Di Lollo, Enns und Rensik (2000), Enns und Di Lollo (2000), Jiang und Chun (2001), sowie auf Giesbrecht und Di Lollo (1998) für eine Anwendung in Untersuchungen zum „attentional blink“ verwiesen.

5.1.2 Erklärungstheorien

Zur Erklärung gerade auch rückwärts wirkender Maskierungseffekte wurden unterschiedliche Theorien vorgelegt (für einen Überblick über die älteren Theorien siehe Breitmeyer, 1984; Breitmeyer & Ganz, 1976; Bridgeman, 1971; Lefton, 1972, Weisstein, 1968; für die neueren Theorien siehe Breitmeyer & Ogmen, 2000; Enns & Di Lollo, 2000; Francis, 1997, 2000). Die meisten Theorien beruhen auf der Annahme einer Interaktion zwischen unterschiedlichen Verarbeitungskanälen in den visuellen Arealen. Teile der Information über den Prime werden dabei den Annahmen nach langsamer verarbeitet als andere und können so durch die Darbietung der Maske gestört oder in die Information über die Maske integriert werden, so daß eine bewußte Wahrnehmung des Primes verhindert wird. Diese Theorien setzen jedoch einen zeitlichen Abstand zwischen Prime und Maske vor-

aus und können die Maskierungseffekte mit Objektsubstitution bei gleichzeitiger Darbietung von Prime und Maske nicht erklären. (Für weitere Kritikpunkte an diesen Theorien siehe auch Enns & Di Lollo, 2000; Di Lollo et al., 2000.)

Di Lollo und seine Kollegen (2000; Enns & Di Lollo, 2000) legten eine neue Theorie vor, in der sie von einer bidirektionalen Kommunikation zwischen den striaten und extrastriaten Gehirnarealen der visuellen Verarbeitung (Felleman & Van Essen, 1991, zit. nach Di Lollo et al, 2000) ausgingen. In höheren Arealen gebildete perzeptuelle Hypothesen werden immer über sogenannte „wieder einkehrende Pfade“ mit den sich dynamisch verändernden Informationen in den striaten Arealen verglichen und verbessert (für einen genauen Überblick über die physiologischen und psychologischen Belege für diese Annahme siehe Di Lollo et al., 2000).

Eine bewußte Wahrnehmung eines Objektes ist abhängig von einem iterativen Vergleich zwischen der neuronalen Repräsentation in den höheren visuellen Arealen mit der sich ständig verändernden Repräsentation in den striaten Arealen. Ein Objekt kann erst dann vollständig erkannt werden, wenn es gelingt, aus mehreren perzeptuellen Hypothesen, die aufgrund des „ersten Eindrucks“ entstanden sind, eine eindeutige Hypothese aus weiteren Vergleichen mit den ständig neu eintreffenden Informationen herauszufiltern. Die Anzahl der zu durchlaufenden Iterationen hängt von der Komplexität des Objekts und der Aufmerksamkeitsverteilung ab (Enns & Di Lollo, 1997). Tritt vor dem Ende dieses Prozesses eine wesentliche Veränderung in den striaten Repräsentationen ein, weil z. B. die Maske erscheint bzw. der Prime verschwindet, entsteht eine entscheidende Inkonsistenz zwischen der neuronalen Repräsentation in den extrastriaten und den striaten Arealen. Dies führt zur Bildung einer neuen perzeptuellen Hypothese vor der Vervollständigung der ersten Hypothese – das erste Objekt wird deshalb nicht wahrgenommen. Di Lollo et al. (2000) stützen ihre Theorie mit einer Vielzahl von Experimenten (siehe auch Enns & Di Lollo, 1997, 2000; Jiang & Chun, 2001).

Diese Theorie bietet eine Erklärung für alle oben beschriebenen Methoden der Rückwärts- und auch Simultanmaskierung (siehe aber auch Breitmeyer & Ogmen, 2000, für eine Kritik an dem Modell), kann jedoch, wie auch die anderen Maskierungstheorien, nicht auf Dissoziationseffekte angewendet werden. Die in Kapitel 3 vorgestellten Theorien zur Erklärung der Dissoziationseffekte vernachlässigen hingegen das Entstehen der Maskierungen. Eine Verbindung beider Ansätze wäre wünschenswert, steht jedoch noch aus.

5.2 Experimentelle Paradigmen zur Untersuchung von Dissoziationen

Es gibt viele unterschiedliche Aufgabentypen, mit denen unbewußte Wahrnehmung und Dissoziationseffekte untersucht werden. Nach Merikle et al. (2001) lassen sich zwei experimentelle Logiken unterscheiden: eine Dissoziation zwischen den Maßen für die bewußte und die unbewußte Wahrnehmung eines Reizes sowie qualitative Unterschiede innerhalb eines Maßes in Abhängigkeit von der Bewußtheit bzw. Unbewußtheit eines Reizes.

Bei der Demonstration **qualitativer Unterschiede** in den Konsequenzen bewußter und unbewußter Wahrnehmung wird angenommen, daß bewußt wahrgenommene Information intentional eingesetzt werden kann, während unbewußt wahrgenommene Information der Intention nicht zugänglich ist (siehe z.B. Marcel, 1983b). In Abhängigkeit von der Bewußtheit bzw. Unbewußtheit eines Reizes werden innerhalb desselben erhobenen Maßes qualitativ unterschiedliche Ergebnisse erwartet. Ein Beispiel stellt das Prozeß-Dissoziations-Paradigma von Debner & Jacoby (1994) dar; für einen Überblick über einige Ergebnisse siehe Merikle et al. (2001).

In den meisten Studien wird jedoch versucht, eine **Dissoziation** zwischen einem Maß für die bewußte Wahrnehmung eines maskierten Primes und einem Maß für die unbewußte Wahrnehmung des Primes zu erstellen³. Eine erfolgreiche Dissoziation kann dann demonstriert werden, wenn das Maß für die bewußte Wahrnehmung des Primes eine Nullsensitivität aufweist, während sich trotzdem Einflüsse des Primes auf die Reaktion auf den Zielreiz als Maß für die unbewußte Wahrnehmung zeigen lassen. Führt z.B. ein semantisch verwandter maskierter Prime zu einer schnelleren Reaktionszeit auf einen Zielreiz als ein neutraler Prime bei gleichzeitiger Nullsensitivität im Maß für die bewußte Wahrnehmung des Primes, wird von einer unbewußten Wahrnehmung des Reizes und der daraus resultierenden Dissoziation zwischen mentaler Repräsentation und ausgeführter Handlung ausgegangen.

Sowohl die Auswahl einer adäquaten Meßmethode zur Feststellung der bewußten Wahrnehmung des Primes als auch die Festlegung der Bewußtseinsschwelle (Cheesman & Merikle, 1984) stellen Hauptprobleme in diesem Paradigma dar. Weitere Kritikpunkte finden sich bei Holender (1986), Greenwald et al. (1995), Merikle und Reingold (1998) und Reingold und Merikle (1988).

³ In Anlehnung an Klotz & Neumann (1999) soll hier ebenfalls auf die von Reingold und Merikle (1988) verwendete Unterscheidung zwischen direkten und indirekten Maßen verzichtet werden. Für eine Diskussion dieser Begriffe sei auf Greenwald et al. (1995), Merikle & Reingold (1991) und Reingold & Merikle (1988) verwiesen.

Bezüglich der Auswahl der Meßmethode diskutierte schon Holender (1986), daß die Bedingungen bei der Messung der bewußten und der unbewußten Wahrnehmung möglichst gleich sein sollten. Carr und Dagenbach (1986) zeigten eine Verschiebung der Bewußtseinschwelle je nach verwendetem Aufgabentyp (siehe auch Marcel, 1983a für ähnliche Befunde, aber auch Klotz & Neumann, 1999, für gegenteilige Annahmen).

Zur Bestimmung der Bewußtseinschwelle können sowohl subjektive Maße wie die Aussage der Versuchspersonen über die An- oder Abwesenheit eines Reizes als auch objektive Maße im Rahmen einer psychophysischen Schwellenbestimmung herangezogen werden. Für eine Diskussion, welche der Schwellen zu benutzen sei, sei auf Dagenbach, Carr und Wilhelmsen (1989), Carr und Dagenbach (1990) sowie Klotz und Neumann (1999) verwiesen. Merikle et al. (2001) kamen jedoch zu dem Schluß, daß subjektive und objektive Maße die gleichen bewußten Erfahrungen der Wahrnehmung erfassen, letztere nur eine konservativere Messung darstellen.

Vorberg und seine Kollegen (in Druck) diskutierten ausführlich, ob eine Nullsensitivität notwendig ist. Sie stellten der Maskierungsfunktion eine **Priming-Funktion** gegenüber, in der die Nettoeffekte zwischen den jeweiligen Kongruenzbedingungen für jedes SOA dargestellt wurden. Vorberg et al. zeigten, daß die Maskierungsfunktion (und somit auch bewußte Wahrnehmung des Primes) sich unter variierenden physikalischen Reizparametern veränderte, während die Priming-Funktion davon unberührt blieb. Vorberg und seine Kollegen gingen deshalb von einem „invarianten Priming“ für SOAs unter 100 ms aus. In diesem Bereich wirkt die Sichtbarkeit des Primes nicht auf die Priming-Effekte ein; es wird sich immer die gleiche Priming-Funktion zeigen. Dies widerspricht ihrer Meinung nach auch nicht den von Merikle & Joordens (1997) und Greenwald, Draine und Abrams (1996) berichteten qualitativen Unterschieden bewußter und unbewußter Primes. Diese Unterschiede kamen ihrer Meinung nach aufgrund spät einsetzender bewußter Handlungskontrollen zustande, also erst nach dem von ihnen untersuchten SOA-Bereich.

Beide experimentellen Vorgehensweisen – die Demonstration qualitativer Unterschiede oder einer Dissoziation zwischen bewußter und unbewußter Wahrnehmung – stellen Möglichkeiten der Untersuchung dar. (Eine Diskussion der grundlegenden Annahmen und der jeweiligen Vor- und Nachteile findet sich bei z.B. bei Joordens und Merikle, 1993, oder Merikle et al., 2001). Die Auswahl geeigneten Versuchsmaterials in dem Dissoziations-Paradigma ist jedoch ungleich einfacher. Im nächsten Kapitel wird ein von

Wolff (1989, zit. nach Neumann et al., 1998) vorgeschlagener Versuchsaufbau zu einem Maskierungs-Dissoziations-Paradigma ausführlicher dargestellt, der auch in dem experimentellen Teil dieser Arbeit verwendet wird.

5.2.1 Ein Maskierungs-Dissoziations-Paradigma als Beispiel

In diesem experimentellen Aufbau kombinierte Wolff (1989, zit. nach Neumann et al., 1998) ein Priming-Paradigma mit der Methode der Metakontrast-Maskierung. Im Gegensatz zu anderen maskierten Priming-Experimenten übernimmt hier der Zielreiz jedoch gleichzeitig die Maskierungsfunktion, ohne daß eine zusätzliche Maske zum Einsatz kommen muß. Beispiele für mögliche Reizpaare finden sich in Abbildung 1.

Die Aufgabe der Versuchspersonen besteht in der Lokalisation der einen Figur, z.B. der Raute, die andere Figur dient als Distraktor. Die Primepaare können in einer kongruenten, neutralen oder inkongruenten Beziehung zu dem Zielreiz-Distraktor-Paar stehen.

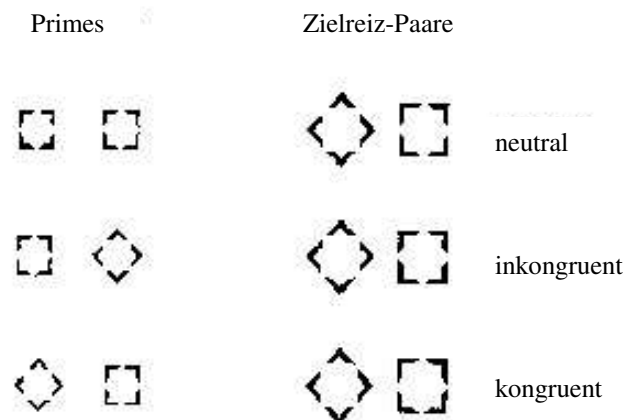


Abbildung 1: Anordnung von Prime-Zielreizpaaren nach Neumann et al. (1998)

Die Primes sind genau so konstruiert, daß sie in die Innenräume des Zielreiz-Paares passen, so daß die inneren Konturen des größeren Reizpaares an die äußeren Konturen des Primepaares stoßen. Der Aufbau folgt also der „Scheibe-Ring“-Anordnung des Metakontrasts. Die Voraussetzungen für eine optimale Metakontrastmaskierung werden durch diese exakte Passung sowie die figurale Ähnlichkeit beider Reizpaare bei Einsatz eines optimalen SOAs unterstützt. Beispiele für eine Verwendung dieser Reize finden sich z.B.

bei Klotz und Wolff (1995), Neumann und Klotz (1994), Neumann et al. (1998) sowie Steglich und Neumann (2000).

Wie in allen Priming-Paradigmen wird eine niedrigere Reaktionszeit bei kongruenten als bei inkongruenten Prime-Zielreiz-Paare erwartet. Neumann und seine Kollegen (1998) fanden in ihren Experimenten in der inkongruenten Bedingung eine Verlangsamung der Reaktionszeit um 20 bis 30 ms im Vergleich zu der neutralen Bedingung. In der kongruenten Bedingung reagierten die Versuchspersonen durchschnittlich 15 bis 20 ms schneller als in der neutralen (siehe auch Klotz & Neumann, 1999; Klotz & Wolff, 1995 für ähnliche Ergebnisse).

Den besonderen Vorteil des Einsatz einer Metakontrast-Maskierung gegenüber anderen Maskierungsarten beim Priming besteht darin, daß Zielreiz und Maske identisch sind. Dies führt auf der einen Seite dazu, daß auch kürzere Zeitintervalle zwischen Prime und Zielreiz untersucht werden können und andererseits Ablenkungen durch weitere irrelevante Reize, wie z.B. die Maske, vermieden werden können.

Der Nachteil dieses Paradigmas besteht darin, geeignete Reize zu finden, mit denen sich eine Scheibe-Ring-Anordnung konstruieren läßt. Um auch Aufgaben verwenden zu können, die über eine Klassifikation einfacher geometrischer Figuren hinaus gehen, entwickelte Vorberg (pers. Kommunikation) das Paradigma weiter. In einer Größenkategorisierungsaufgabe einstelliger Zahlen setzte er die Zahlen in einen aus dem Buchstaben „X“ bestehenden Rahmen (siehe Abbildung 2 rechts). Die Prime-Zahlen paßten in das Innere des Rahmens.

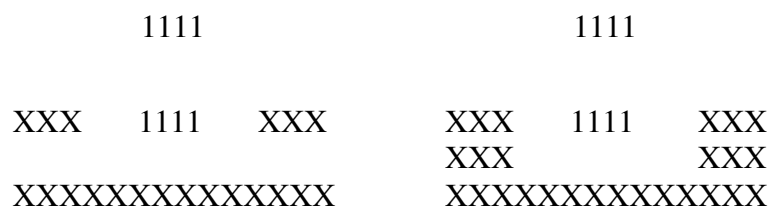


Abbildung 2: Aufbau der Reize in den Experimenten von Vorberg;
(oben: Primes; unten: Zielreize)

In weiteren Experimenten (siehe z.B. Binnewies, Steiner & Vorberg, 2002; Schendzielarz, 2002) zeigte sich, daß ein vollständiger Rahmen nicht benötigt wird (siehe Abbildung 2 links). Obwohl der Prime nicht vollständig von dem Rahmen, der den Zielreiz enthielt, umschlossen war, kam es zu Maskierungseffekten. Es bleibt jedoch unklar,

ob es sich in diesem Fall um eine Metakontrastmaskierung im Sinne einer Drei-Objekte-Anordnung oder eher um eine Maskierung durch Objektsubstitution handelt.

Diese Weiterentwicklung bietet die Möglichkeit, höhere kognitive Vorgänge im Rahmen dieses Paradigmas zu untersuchen. Somit kann die Theorie der direkten Parameterspezifikation und die dahinter stehenden Konzepte mit Hilfe eines Paradigmas untersucht werden, in dem eine gute Dissoziation zwischen bewußtem Erleben und Handlung hergestellt werden kann. Dies ist in den hier vorgestellten Experimenten geschehen.

6 Fragestellungen

Dissoziationen zwischen dem eigenen Handeln in einer Situation und dem bewußten Erleben dieser Situation lassen sich mit Hilfe der Theorie der direkten Parameterspezifikation von Neumann (1989, 1990) gut erklären. Danach können aus der Umwelt aufgenommene Informationen unsere Handlungssteuerung beeinflussen, auch wenn wir von diesen Informationen keine bewußte mentale Repräsentation entwickeln.

Die wesentliche Bedingung für diese direkte Spezifikation motorischer Parameter zur Handlungsausführung ist die vorherige Bildung eines Handlungsplans (Neumann & Klotz, 1994). Der Handlungsplan wird unter Hinzunahme einer bewußten mentalen Repräsentation gebildet und durch unsere jeweilige Intention gelenkt. In dem Handlungsplan werden alle wichtigen Merkmale zur Handlungsausführung vorbereitet, so daß in der konkreten Situation der Handlungsausführung aus der eingehenden Umweltinformation nur noch die letzten relevanten Informationen entnommen werden müssen. Aus diesen Annahmen folgt, daß auch nicht bewußt wahrgenommene Primes einen Einfluß auf die Handlung haben können, solange sie die im Handlungsplan spezifizierten Merkmale besitzen.

Nach Neumann (1989) ist jede Verarbeitung und somit auch die Festlegung des Handlungsplans eine Frage der Intention des jeweils Handelnden. Ob Primes, die nie bewußt gesehen werden, auch zu Priming-Effekten führen können, hängt somit von der jeweiligen Aufgabe, dem verwendeten Reizmaterial und der daraus resultierenden Handlungsintention ab. Je nachdem, wie einzelne Merkmale im Handlungsplan spezifiziert werden, kann es dann zu einer Antwortset-Abhängigkeit wie bei Damian (2001) oder einer Antwortset-Unabhängigkeit (Naccache & Dehaene, 2001a) kommen.

Jedoch behandelte Neumann einige Punkte im Rahmen seiner Theorie nicht. Er legte z.B. nicht genau fest, nach welchen Kriterien die im Handlungsplan zu spezifizierenden Merkmale ausgewählt werden. Auch setzte er eine Bewußtheit für den Handlungsplan voraus. Aber muß immer alle Planung bewußt sein, oder können auch Dinge unbewußt mitaufgenommen werden? Durch welche Kriterien wird die Aufnahme eines Merkmals in den Handlungsplan bestimmt?

Die einzige Aussage, die Neumann zu den aufzunehmenden Merkmalen traf, ist die, daß sie durch die jeweilige Intention, d.h. durch die auszuführende Aufgabe, festgelegt werden. Demnach müßten aufgabenirrelevante Merkmale, wie z.B. die äußere Form eines

Reizes, nicht beachtet werden, wenn man nicht über diese Form urteilen muß. Allerdings stellt die äußere Form bzw. die Gestalt eines Gegenstandes oder Reizes ein wesentliches Merkmal der Identität dar. Es könnte durchaus sein, daß diese äußere Form unter bestimmten Bedingungen, auch wenn sie auf den ersten Blick aufgabenirrelevant erscheint, mit spezifiziert wird. Dies könnte z.B. dann der Fall sein, wenn sich daraus eine Art ökonomischer Nutzen ergibt und Aufgaben schneller beantwortet werden können. Die oben berichteten Ergebnisse von Naccache und Dehaene (2001a) sowie Damian (2001) unterstützen diese Interpretation.

In den Experimenten, die sich mit der direkten Parameterspezifikation befaßten, bestand die Aufgabe meistens darin, einen bestimmten Reiz – z.B. Pfeile oder Rauten und Quadrate – nach seiner Form zu klassifizieren (Neumann et al., 1998; Vorberg et al., in Druck). In den Aufgaben mit höheren kognitiven Anforderungen, z.B. einer Zahlenklassifikation (Dehaene et al., 1998; Vorberg, pers. Kommunikation), zeigte sich jedoch, daß die Form der Reize keinen direkten Einfluß auf die Handlung haben muß, fanden sich doch Priming-Effekte von Primes als Zahlwort auf Ziffern-Zielreize, also Effekte über unterschiedliche Formate hinweg.

Des weiteren setzte Neumann (1989) eine bewußte Handlungsplanung vor Beginn der Handlungsausführung voraus. Natürlich bereiten sich die Versuchspersonen im Rahmen eines Experimentes bewußt darauf vor, eine bestimmte Aufgabe, z.B. eine Klassifikation eines Zielreizes, durchzuführen. In Frage steht jedoch noch, inwieweit wirklich alle zu spezifizierenden Merkmale bewußt bedacht werden. Wie weit war es den Versuchspersonen in Damians Experiment (2001) z.B. bewußt, daß sie sich nur auf die Wörter des Antwortsets einließen und nur diese in ihren Handlungsplan aufnahmen?

Ziel dieser Arbeit war es, systematischer als bisher zu untersuchen, was als aufgabenrelevant im Handlungsplan angelegt wird und wie diese „Entscheidung“ getroffen wird. Lassen sich unbewußte strategische Effekte festmachen, wenn das einen Vorteil zur Aufgabenbearbeitung bietet? Dabei wurde sich auf die äußere Form des Reizes, im folgenden Format genannt, konzentriert und das Zusammenspiel des Formats mit der Aufgabe untersucht.

In Experiment 1 sollte eine „Entkopplung“ des Formates von der Aufgabenebene untersucht werden, um zu schauen, ob und wie das Format in den Handlungsplan aufgenommen wird. In den von Neumann und seinen Kollegen, aber auch in der Arbeitsgruppe um Vorberg durchgeführten Experimenten war so eine Entkopplung nicht möglich, da das

Format der Reize jeweils auch das aufgabenrelevante Merkmal darstellte. In diesen Experimenten hier wurde nun mit Zahlen gearbeitet, um genau dies zu ermöglichen. Des weiteren wurde in Anlehnung an Neumann und Klotz (1994) auch hier die Flexibilität eines Handlungsplans analysiert.

In Experiment 2 wurde untersucht, wie schnell die Umstellung zwischen verschiedenen Handlungsplänen gehen kann. In den Experimenten von Neumann und Klotz (1994) wurde gezeigt, daß sich der Handlungsplan sogar für jeden Versuchsdurchgang änderte. Wird dieser Handlungsplanwechsel auch dann durchgeführt, wenn sich ein nicht-aufgabenrelevantes Merkmal verändert? Oder wird dann dieses Merkmal nicht in den Handlungsplan aufgenommen, da die Wechselkosten zu groß sind? Erscheint in diesem Fall ein weiter gefaßter Handlungsplan sinnvoller?

In Experiment 3 wurde die Genauigkeit der Spezifikation untersucht. Muß die Spezifikation der Merkmale immer ein gesamtes Set von Reizen treffen oder läßt sich z.B. das Format auch auf der Ebene einzelner Stimuli spezifizieren? Kann man also festlegen, daß ein bestimmter Zahlenwert nur in einem bestimmten Format vorkommt und wird dies in den Handlungsplan aufgenommen? Hier wurde auch untersucht, ob dieser Punkt den Versuchspersonen bewußt wird. D.h. setzt so eine Spezifikation eine Erwähnung in der Aufgabenstellung, die zur Handlungsplanbildung benutzt wird, voraus?

In Experiment 4 wurde untersucht, was im Falle eines „störenden“ Formats geschieht. Wird in diesem Fall der Handlungsplan weitergefaßt, so daß das Format in ihm nicht mehr enthalten ist?

In Experiment 5 wurde schließlich das Zusammenspiel von Formatmerkmalen und Aufgabenmerkmalen untersucht. Dabei wurde auf unterschiedlichste Weise verändert, ob das Format die Aufgabe unterstützt oder der Aufgabe entgegen arbeitet. Es sollte dabei herausgefunden werden, ob format- und aufgabenrelevante Merkmale innerhalb der Handlungsplanung den gleichen Stellenwert besitzen.

7 Experiment 1

Neumann (1989, 1990) legte zwar mit seiner Theorie der direkten Parameterspezifikation ein gutes Konzept zur Erklärung von Dissoziationseffekten vor, machte jedoch nur ungenaue Aussagen darüber, welche Merkmale in den Handlungsplan aufgenommen werden. Daß diese sehr unterschiedlich aussehen können, zeigte die vorhandene bzw. nicht vorhandene Antwortset-Abhängigkeit der Ergebnisse von Naccache und Dehaene (2001a) bzw. Damian (2001).

In einem ersten Experiment wurde deshalb untersucht, welche Reizparameter in einem Handlungsplan bei der Bearbeitung einer Aufgabe spezifiziert wurden. Wurde nur der die Aufgabe bestimmende Parameter spezifiziert oder auch zusätzliche Parameter? Um diese Frage zu klären, wurde in diesem Experiment das Format der Reize als ein weiteres Merkmal betrachtet. Dazu wurde auf Zahlen als Reizmaterial zurückgegriffen, da dadurch eine Trennung von Format und Aufgabe möglich war.

Wenn das Format eines Zahlenreizes (Zahlwort oder Ziffer) nichts mit der zu lösenden Aufgabe, z.B. einer Paritätsentscheidung, zu tun hat, wird dann das jeweilige Zahlenformat in den Handlungsplan aufgenommen? Wird in diesem Fall die Information über das Format trotzdem spezifiziert, um sich diese Information strategisch nutzbar machen zu können? Oder können wir wirklich nur die eigentlich handlungsrelevante Information spezifizieren? Was ist für uns kognitiv ökonomischer?

Nach den Ergebnissen von Naccache und Dehaene (2001a) oder Heinrich et al. (2000) könnte man erwarten, daß es bei Zahlenreizen immer formatunabhängige Priming-Effekte gibt. Allerdings sahen die Versuchspersonen in diesen Experimenten jeweils alle Zahlenwerte in beiden Formaten, also sowohl als Zahlwort als auch als Ziffer. Deshalb ließ sich aufgrund dieser Ergebnisse keine Aussage darüber treffen, ob und wie das Format mit in den Handlungsplan aufgenommen wurde. Letzteres verlangte nach einer systematischen Variation des Formats.

Was passiert z.B., wenn die Versuchspersonen nur Ziffern als Zielzahlen sehen? Führen in diesem Fall auch nur Ziffern als Primes zu den erwarteten Reaktionszeitunterschieden? Wird das spezifische Format mit in den Handlungsplan aufgenommen, dann dürfte es keine kongruenzbedingten Reaktionszeitunterschiede geben, wenn die Primezahl in einem anderen Format gezeigt wird, da nach Neumann Primes nur dann verarbeitet werden, wenn sie den im Handlungsplan spezifizierten Parametern entsprechen. Wird das

Format jedoch nicht mit in den Handlungsplan aufgenommen, sondern nur direkt die Aufgabe betreffende Informationen, müßten die Priming-Effekte formatunabhängig sein.

Im folgenden Experiment wurde dies untersucht, indem zuerst die Versuchspersonen nur Zielreize in einem Format sahen, die Primes aber beide Formate haben konnten. Hier wurden die formatspezifischen Kongruenzunterschiede erwartet. Sobald jedoch beide Formate vorkamen (in zwei Anschlußsitungen), wurden formatunabhängige Kongruenzunterschiede erwartet.

7.1 Material und Methode

Versuchspersonen. Es nahmen neun Psychologiestudentinnen und ein Student der TU Braunschweig im Alter von 19 bis 37 Jahren ($M = 26,1$ Jahre, $SD = 6,44$ Jahre) teil. Drei Versuchspersonen besaßen eine normale Sehfähigkeit, bei sieben war diese korrigiert. Die Versuchspersonen wurden zu Beginn des Experimentes zufällig und ohne ihr Wissen in zwei Gruppen aufgeteilt (Gruppe I: $M = 24,6$ Jahre; $SD = 5,46$ Jahre; die sogenannte „Wort-Gruppe“ / Gruppe II: $M = 27,6$ Jahre; $SD = 6,97$ Jahre; „Ziffern-Gruppe“). Alle Versuchspersonen erhielten Versuchspersonenstunden als Vergütung für ihre Teilnahme.

Aufgabe. Die Versuchspersonen mußten in den ersten sechs Sitzungen, im folgenden als „**Priming-Sitzungen**“ bezeichnet, eine Paritätsentscheidung über eine Ziffer oder ein Zahlwort treffen. Im Falle einer ungeraden Zahl drückten sie so schnell wie möglich einen linken Knopf, im Falle einer geraden Zahl einen rechten Knopf. Der Zielzahl ging immer eine maskierte Primezahl voraus, die aber, falls sie wahrgenommen wurde, ignoriert werden sollte. In der letzten Sitzung, der „**Identifikations-Sitzung**“, mußten die Versuchspersonen über die Parität der Primezahl entscheiden und diese Entscheidung wieder über Knopfdruck mitteilen. Diesmal stand jedoch die korrekte Reaktion im Vordergrund und nicht die Schnelligkeit der Reaktion.

Material. Als Reize dienten Zahlen von 1 bis 9 (ohne die 5), die entweder als Ziffern oder als Zahlwörter dargeboten wurden. Die Zahlwörter waren in Großbuchstaben geschrieben (z.B. EINS). Bei Ziffern wurde viermal die gleiche Ziffer dargeboten (z.B. 1111), um eine Vergleichbarkeit in der Länge zu den Zahlwörtern zu schaffen. Alle Zahlenwerte kamen als Zielreize und als Primes vor und wurden in schwarz auf weißem Hintergrund gezeigt. Die Prime- bzw. Zielzahlen hatten eine Höhe von $0,27^\circ$ Sehwinkel und eine Breite von $0,51^\circ$ Sehwinkel.

Die Zielreize waren in den oberen bzw. unteren Teil eines Rahmens aus dem Buchstaben X eingebettet, um eine Maske herzustellen (siehe Abbildung 3). Der Rahmen war $0,86^\circ$ Sehwinkel hoch und $2,01^\circ$ Sehwinkel breit; er umschloß eine leere Fläche von ca. $1,43^\circ$ Sehwinkel Breite und einer Höhe, die etwas kleiner als $0,27^\circ$ Sehwinkel war. Die Primes erschienen ohne einen weiteren Zusatz und paßten genau in die leere Fläche des Rahmens, um eine optimale Maskierung zu erzielen. Zu Beginn jedes Durchganges wurde ein ebenfalls schwarzes Fixaktionskreuz auf weißem Hintergrund gezeigt. Dieses Kreuz hatte eine Höhe und Breite von $0,27^\circ$ Sehwinkel.

Geräte. Die Reize wurden auf einem Atari SM 124 Monitor mit einer Bildwiederholfrequenz von 70 Hz gezeigt. Zur Antworteingabe diente eine aus drei Knöpfen bestehende Tastatur. Der rechte und linke Knopf dienten zur Antworteingabe, der mittlere dritte Knopf diente zum Starten des nächsten Blocks. Die Versuchspersonen wurden durch eine Kopfstütze daran gehindert, näher als einen Meter an den Bildschirm zu rücken. Die Steuerung des Experimentes erfolgte durch in gfa-Basic geschriebene Programme von D. Vorberg, die den Erfordernissen des Experimentes angepaßt wurden.

Versuchsplan. Insgesamt wurden 6 unabhängige Variablen variiert. Innerhalb der Versuchspersonen wurde das **SOA** zwischen Prime und Zielreiz (28, 42, 56 und 70 ms), die **Formatkonsistenz** zwischen Prime und Zielreiz (formatkonsistente Reizpaare haben dasselbe Format, z.B. Wort-Wort; formatinkonsistente Paare unterscheiden sich im Format, z.B. Wort-Ziffer) und das **Format der Primes** (Zahlwort oder Ziffer) variiert. Ebenfalls innerhalb der Versuchspersonen wurde das **Kongruenzverhältnis zwischen Prime und Zielreiz** verändert. Identische Paare haben den gleichen Zahlenwert, kongruente Paare haben die gleiche Parität aber nicht den gleichen Zahlenwert, inkongruente Paare haben eine unterschiedliche Parität. Zwischen den Versuchspersonen wurde für die ersten vier Sitzungen das Format der Zielreize je nach **Gruppenzugehörigkeit** (Wort- oder Ziffer-Gruppe) variiert. In der fünften und sechsten Sitzung bestand kein Unterschied mehr im Format der Zielreize.

Gemessen wurden die Reaktionszeit und die Fehleranzahl in den Priming-Sitzungen. In der Identifikationssitzung wurde mit Hilfe der Fehleranzahl die Sichtbarkeit der Primes gemessen.

Instruktion. Für die erste bis vierte Priming-Sitzung wurde den Versuchspersonen mitgeteilt, daß sie im Rahmen eines Experiments zur Zahlenverarbeitung die Parität von Zahlen von 1 bis 9 (ohne die 5) feststellen sollten. Dabei handele es sich (je nach Grup-

pe), nur um Zahlwörter (Wort-Gruppe) bzw. Ziffern (Ziffern-Gruppe). Auf das viermalige Erscheinen der Ziffern wurden sie hingewiesen. Sie wurden über die Art der Antworteingabe (ungerade = linker Knopf / gerade = rechter Knopf) unterrichtet und gebeten, so schnell und so fehlerfrei wie möglich zu antworten. Auf das mögliche Erscheinen eines Primes wurden sie hingewiesen, und gebeten, diesen nicht weiter zu beachten. Zu Beginn der fünften Sitzung wurden die Versuchspersonen über den Wechsel in den Zielreizformaten informiert, aber nicht über die Primeformate.

In der Identifikationssitzung sollten die Versuchspersonen die Parität des Primes beurteilen. Diesmal sollten sie aber nicht zu schnell reagieren und möglichst wenig Fehler machen. Sie wurden darauf hingewiesen, daß sie über einen Ton eine Rückmeldung über ihre Fehler bekämen.

Durchführung. Alle Versuchspersonen nahmen an sieben Sitzungen teil. Tabelle 1 gibt einen Überblick über den genauen Ablauf. In den ersten vier Sitzungen, den „selektiven Priming-Sitzungen“, sah die Wort-Gruppe nur Zahlwörter als Zielreize und die Ziffern-Gruppe nur Ziffern. In Sitzung 5 und 6, den „gemischten Priming-Sitzungen“, wurden beiden Gruppen beide Zielreizformate gezeigt, das Primeformat war in diesen Sitzungen immer formatinkonsistent. D.h. einer Ziffer als Zielreiz ging als Prime immer ein Zahlwort voraus und umgekehrt. In der siebten Sitzung fand die Identifikationssitzung statt.

Tabelle 1: Ablauf der Sitzungen in Experiment 1

| Sitzungsnummer | Art der Sitzung | Primeformat | Zielreizformat | |
|----------------|----------------------------|--|---------------------|---------------|
| | | | Wort-Gruppe | Ziffer-Gruppe |
| 1 | Priming-Sitzung (selektiv) | Zahlwort und Ziffer | Zahlwort | Ziffer |
| 2 | Priming-Sitzung (selektiv) | Zahlwort und Ziffer | Zahlwort | Ziffer |
| 3 | Priming-Sitzung (selektiv) | Zahlwort und Ziffer | Zahlwort | Ziffer |
| 4 | Priming-Sitzung (selektiv) | Zahlwort und Ziffer | Zahlwort | Ziffer |
| 5 | Priming-Sitzung (gemischt) | Zahlwort und Ziffer (ab hier immer gegensätzlich zum Zielreizformat) | Zahlwort und Ziffer | |
| 6 | Priming-Sitzung (gemischt) | Zahlwort und Ziffer | Zahlwort und Ziffer | |
| 7 | Identifikationssitzung | Zahlwort und Ziffer | Zahlwort und Ziffer | |

Die Sitzungen fanden an verschiedenen Tagen statt. Eine einzelne Priming-Sitzung dauerte ca. 40 min, die Identifikations-Sitzung etwas länger. Die Versuchspersonen saßen während des Experimentes in einem nur schwach erleuchteten Raum. Jede Sitzung bestand aus 12 Blöcken, die die Versuchspersonen selbständig starten konnten. Nach dem siebten Block mußten die Versuchspersonen fünf Minuten pausieren, bevor sie den nächsten Block starten konnten.

In jedem Block gab es 48 Experimentaldurchgänge und zu Beginn jedes Blockes drei Durchgänge zum „Aufwärmen“, die jedoch nicht weiter ausgewertet wurden. Insgesamt durchlief jede Versuchsperson 3456 auswertbare Priming-Versuchsdurchgänge und 576 auswertbare Durchgänge in der Identifikationssitzung.

Ein einzelner Durchgang (siehe Abbildung 3) begann mit dem Erscheinen des Fixationskreuzes in der Mitte des Bildschirms. Da die Zeit zwischen Beginn der Kreuzdarbietung und Ende der Zielreizdarbietung mit 700 ms sowie die Darbietungsdauer der einzelnen Reize festlag, hing die Darbietungszeit des Kreuzes von der Länge des jeweiligen SOAs ab. Diese Variabilität sollte ein Einstellen der Versuchspersonen auf das Erscheinen der nächsten Reize verhindern.

Der Prime wurde direkt im Anschluß an das Fixationskreuz ebenfalls zentral für 14 ms präsentiert. Nach einem SOA, das zwischen 28 und 70 ms variierte, erschien für 140 ms der Zielreiz. Die getroffene Paritätsentscheidung wurde über Knopfdruck mitgeteilt und im Falle eines Fehlers wurde eine visuelle Rückmeldung geben. Der nächste Durchgang startete automatisch nach der Abgabe der Reaktion.

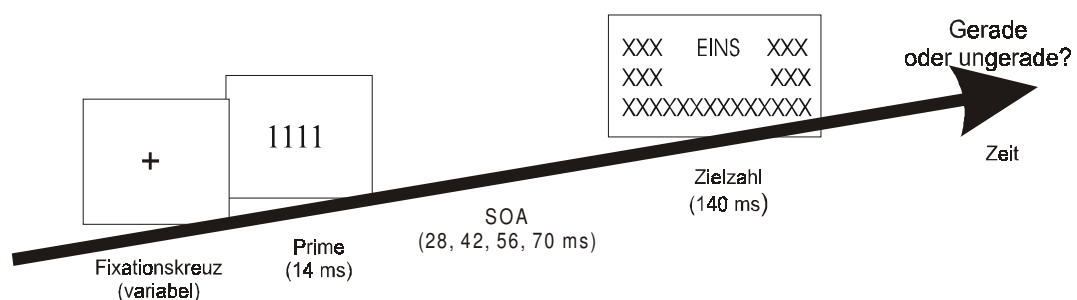


Abbildung 3: Beispiel für einen Versuchsdurchgang

Nach dem Ende jedes Blocks wurde der Versuchsperson ihre mittlere Reaktionszeit und die Fehlerhäufigkeit zurückgemeldet. Den nächsten Block startete die Versuchsperson selbständig durch das Drücken des mittleren Knopfes.

Der Aufbau des Identifikationsexperimentes folgte dem zeitlichen Muster der Priming-Sitzungen. Die Versuchspersonen sollten jetzt die Parität des Primes beurteilen. Es gab zwei weitere bedeutende Unterschiede. Die Rückmeldung über Fehler erfolgte zusätzlich durch einen hohen Ton. Zusätzlich sollten die Versuchspersonen erst 600 ms nach Erscheinen des Primes reagieren. Reagierten sie zu schnell, hörten sie einen tiefen Ton und der Durchgang wurde nicht gewertet. Dies geschah, damit auf alle Fälle noch der Zielreiz vor der abgegebenen Reaktion wahrgenommen werden konnte.

7.2 Ergebnisse

Die Datenauswertung wurde von zwei Fragen geleitet: Wie wirkte sich die Formatinformation in den spezifischen Priming-Sitzungen auf die Spezifikation des Handlungsplans aus? Wie veränderte sich der Handlungsplan mit einer Veränderung der Formate in den gemischten Priming-Sitzungen? Aufgrund dieser Ergebnisse sollten dann Aussagen über die Merkmale getroffen werden, die im Handlungsplan spezifiziert wurden.

7.2.1 Datenaufbereitung

In allen Experimenten wurde die erste Sitzung nicht ausgewertet, es sei denn dies wird explizit erwähnt. Ebenfalls aus der Analyse entfernt wurden Reaktionszeiten unter 200 ms und über 1500 ms, sowie die Reaktionszeiten der Fehlerdurchgänge. Als Prüfgröße bei den Varianzanalysen wurde ein F-Wert mit dem Korrekturfaktor von Huynh-Feldt genommen. Zur Auflösung der Effekte aus den jeweiligen Varianzanalysen wurden post-hoc t-Tests gerechnet. Das α -Niveau wurde mit 5 % angenommen und gegebenenfalls nach Bonferoni korrigiert (α'). Es erschien jedoch nicht immer sinnvoll, das korrigierte α' -Niveau als das „Maß aller Dinge“ anzunehmen, da es gerade bei einer großen Anzahl an t-Tests natürlich sehr klein wurde. Die vollständigen Ergebnisse der Varianzanalysen und die t-Tests zu den dargestellten Effekten finden sich jeweils im Anhang.

Von Interesse für die Fragestellung waren sowohl die absoluten Reaktionszeiten als auch deren Netto-Effekte. Die Untersuchung der Netto-Effekte geht auf einen Vorschlag von Vorberg et al. (in Druck) zurück. Hierbei werden die Differenzen zwischen den drei

Kongruenzbedingungen über den SOA-Verlauf untersucht und als Priming-Funktionen dargestellt. Typischerweise steigt die Priming-Funktion mit ansteigendem SOA an – unabhängig von der Sichtbarkeit der einzelnen Primes, da die Kongruenzunterschiede größer werden. Die Fehlerhäufigkeiten wurden arcsinus-transformiert, um ebenfalls ein varianzanalytisches Verfahren rechnen zu können (Kirk, 1982).

In den Sitzungen 2 bis 4 wurde der Einfluß der Formatkonsistenz zwischen Prime und Zielreiz sowohl auf die erwarteten Unterschiede in der Reaktionszeit als auch für die Priming-Effekte und die Fehlerhäufigkeiten untersucht. Dies geschah immer zuerst für die gesamte Gruppe, danach dann für die beiden Experimentalgruppen. Zuletzt wurden die Ergebnisse der Sitzungen 5 und 6 und der Identifikationssitzung analysiert.

7.2.2 Reaktionszeit der Sitzungen 2 bis 4

Zuerst wurde der Einfluß der Formatkonsistenz zwischen Prime und Zielreiz auf die Reaktionszeiten untersucht, unabhängig von der Gruppenzuordnung und damit dem jeweiligen Zielreizformat. Normalerweise unterscheiden sich die Reaktionszeiten in den einzelnen Kongruenzbedingungen, d.h. die Versuchspersonen reagieren in der identischen und kongruenten Bedingung schneller als in der inkongruenten Bedingung. Gelegentlich sind die Reaktionszeiten in der identischen Bedingung auch noch geringer als in der kongruenten. Wenn jedoch das Format im Handlungsplan mitspezifiziert wurde, sollten sich hier Kongruenzunterschiede zeigen, die von der Formatkonsistenz bzw. Formatinkonsistenz der Prime-Zielreiz-Paare abhängig sind.

Für die **gesamte Gruppe** (siehe Abbildung 4) zeigten sich bei den formatinkonsistenten Paaren schwächere Reaktionszeitveränderungen über die Kongruenzbedingungen als bei den formatkonsistenten Paaren, $[F(1,93;17,38) = 12,72; p = ,00]^4$. So betrug die Differenz zwischen den identischen und inkongruenten formatinkonsistenten Paaren nur ca.18 ms, für die formatkonsistenten jedoch 45 ms. Auf identische formatinkonsistente Paare wurde auch mit 510 ms im Mittel langsamer reagiert als auf formatkonsistente (497 ms), während dies bei den inkongruenten Paaren genau andersherum war. Hier wurde auf die formatinkonsistenten Paare schneller (527 ms) als auf die konsistenten (541 ms) reagiert.

⁴ Die vollständigen Ergebnisse der Varianzanalyse und der t-Tests finden sich in Anhang A.

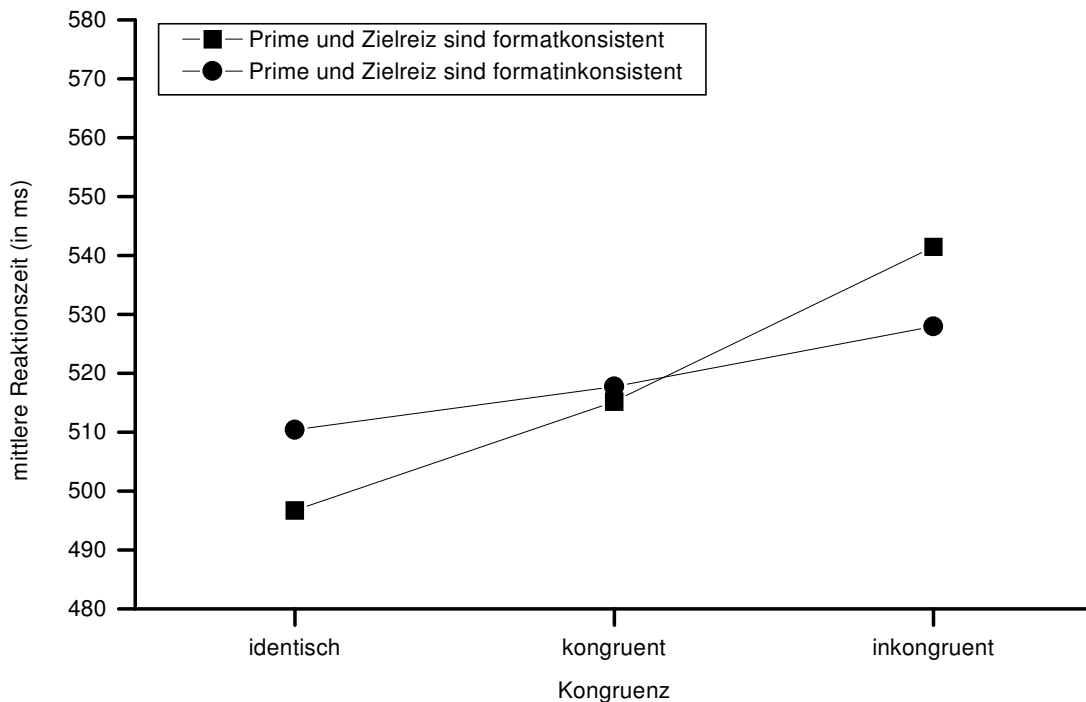


Abbildung 4: Einfluß der Formatkonsistenz auf die mittleren Reaktionszeitunterschiede (in ms) in den drei Kongruenzbedingungen (Gesamtgruppe)

Es zeigte sich also, wie erwartet, daß die Formatkonsistenz einen Einfluß auf die Reaktionszeiten bei den Kongruenzverhältnissen hatte. Dies wurde als ein Hinweis darauf gedeutet, daß auch das Format eines Reizes im Handlungsplan spezifiziert wurde, obwohl es nicht unmittelbar mit der Aufgabe zu tun hatte. Allerdings zeigte sich auch bei den formatinkonsistenten Paaren ein leichter, aber signifikanter Anstieg der Reaktionszeiten über die Kongruenzverhältnisse hinweg. Zur besseren Deutung dieses Anstiegs wurden Ziffer- und Wort-Gruppe getrennt ausgewertet. Die Effekte der Formatkonsistenz könnten mit dem jeweiligen Format zusammengehangen haben, so daß die Ziffern-Gruppe ein anderes Muster als die Wort-Gruppe aufwies.

In Abbildung 5 ist deutlich zu sehen, daß der Einfluß des Primes bei der **Ziffern-Gruppe** deutlich von der Formatkonsistenz zwischen Prime und Zielreiz abhing, [$F(2;8) = 15,5$; $p = ,002$]. Während formatkonsistente Primes, also solche im Ziffernformat, zu den erwarteten Veränderungen in der Reaktionszeit abhängig von dem Kongruenzverhältnis führten, schienen formatinkonsistente Primes, also Zahlwort-Primes, überhaupt keinen Einfluß auf die Reaktionszeit zu haben.

Bei formatkonsistenten Primes zeigte sich zwischen der mittleren Reaktionszeit der identischen und der inkongruenten Reizpaare eine Differenz von ca. 45 ms. Die Differenzen

zwischen den Reaktionszeiten aus der identischen und kongruenten bzw. der kongruenten und inkongruenten Bedingung betrugen 17 bzw. 27 ms. Innerhalb der formatinkonsistenten Primes betrug die Differenz zwischen den Reaktionszeiten der identischen und inkongruenter Bedingung jedoch nur knapp 4 ms bzw. noch nicht einmal 2 ms zwischen den kongruenten und inkongruenten Bedingungen.

Es sei noch einmal darauf hingewiesen, daß es sich bei der **Wort-Gruppe** bei formatkonsistenten Prime-Zielreiz-Paaren – im Gegensatz zur Ziffern-Gruppe – um Zahlwort-Zahlwort-Paare handelte; bei formatinkonsistenten um Ziffer-Zahlwort-Paare. Hier fanden sich die normalerweise entstehenden Kongruenzeffekte, [$F(1,11;4,44) = 27,51$; $p = ,004$], die nicht signifikant durch die Formatkonsistenz beeinflusst wurden, [$F(2;8) = 3,68$; $p = ,073$]. In Abbildung 6 sieht man, daß sowohl Primes im Zahlwort- als auch im Ziffernformat zu Reaktionszeitunterschieden über die Kongruenzbedingungen führten.

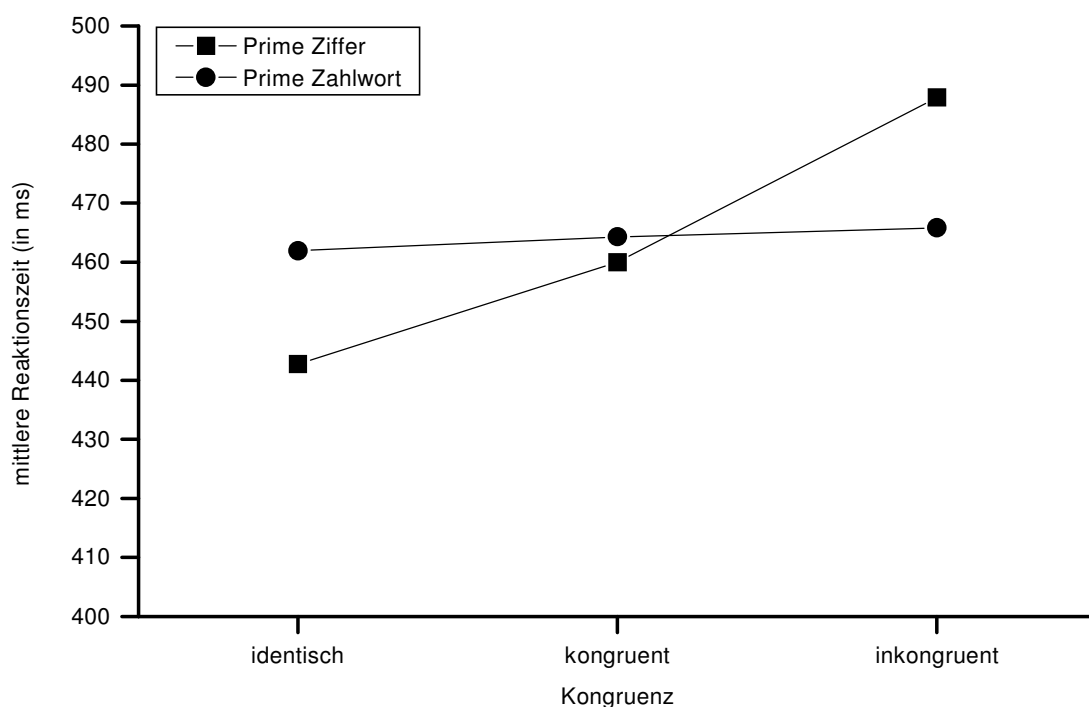


Abbildung 5: Einfluß der Formatkonsistenz auf die mittleren Reaktionszeitunterschiede (in ms) in den drei Kongruenzbedingungen (Ziffern-Gruppe)

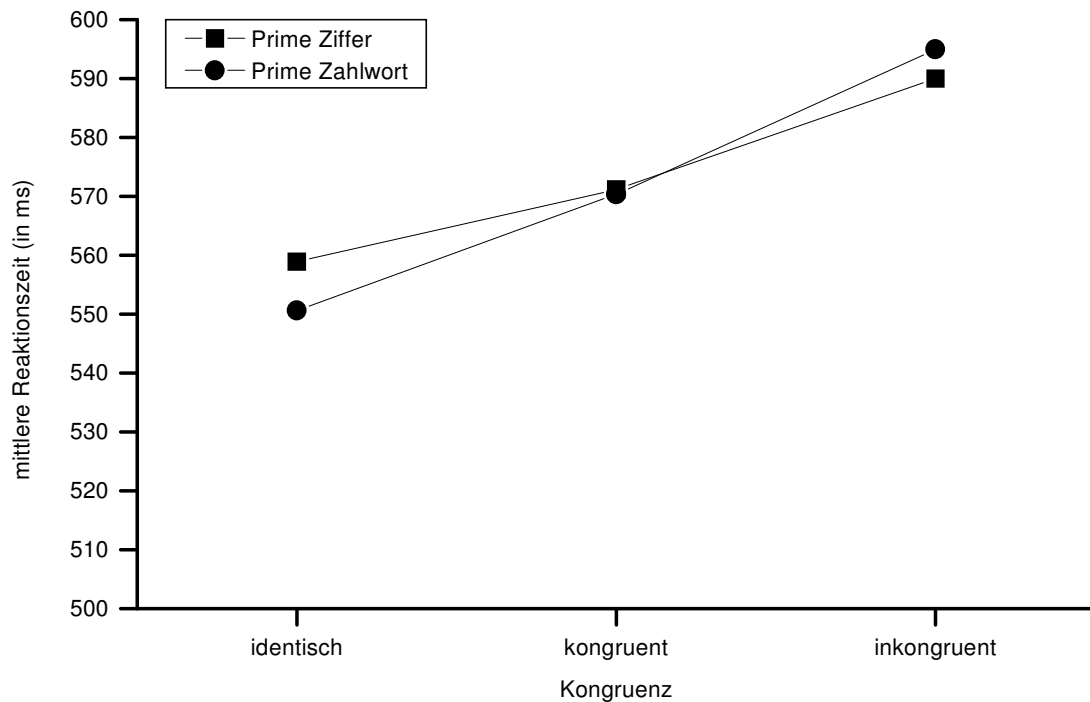


Abbildung 6: Einfluß der Formatkonsistenz auf die mittleren Reaktionszeitunterschiede (in ms) in den Kongruenzbedingungen (Wort-Gruppe)

Während innerhalb der formatkonsistenten Reizpaare die Unterschiede zwischen den identischen und inkongruenten rund 44 ms bzw. zwischen den kongruenten und inkongruenten 25 ms betragen, waren diese Unterschiede bei formatinkonsistenten Paaren nur 31 ms bzw. ca. 19 ms groß. Diese geringfügige Abnahme der Differenzen je nach Formatkonsistenz wurde jedoch nicht signifikant. Die Unterschiede waren damit im Falle formatinkonsistenter Reizpaare zwar schwächer als bei formatkonsistenten, aber immer noch wesentlich größer als bei den vergleichbaren Paaren in der Ziffern-Gruppe.

Waren die Versuchspersonen also darauf eingestellt, nur Zahlwörter als Zielreize zu sehen, schienen im Gegensatz zu den Ergebnissen bei der Ziffern-Gruppe sowohl Zahlwort- als auch Ziffern-Primes auf die Reaktionen zu wirken. Anhand der Priming-Funktionen wurde zusätzlich der Verlauf dieser formatabhängigen Unterschiede über den gesamten SOA-Bereich und dabei eventuell auftretende Veränderungen analysiert.

7.2.3 Priming-Funktionen in den Sitzungen 2 bis 4

Wie oben schon berichtet, stellten Vorberg et al. (in Druck) fest, daß mit zunehmendem SOA der Netto-Effekt zwischen den einzelnen Kongruenzverhältnissen ansteigt und sich als „Priming-Funktion“ über den gesamten SOA-Verlauf darstellen läßt. Diese Modulation der Netto-Effekte durch eine Veränderung des SOAs spiegelte sich in der Interaktion der absoluten Reaktionszeiten zwischen Kongruenz, Formatkonsistenz und SOA wieder, $[F(3,49;31,48) = 2,77; p = ,05]$.

Eine Betrachtung der Differenzen in Form von Priming-Funktionen zeigt jedoch deutlicher als die Betrachtung der absoluten mittleren Reaktionszeiten die Größe der Effekte, weshalb die Analyse dieser Interaktion in der Form von Priming-Funktionen stattfand. Eine signifikante Interaktion deutet darauf hin, daß die Kongruenzunterschiede sich mit zunehmenden SOA vergrößerten, dies aber von der Formatkonsistenz beeinflußt wurde. Es ließen sich drei Priming-Funktionen berechnen (inkongruent – identisch, inkongruent – kongruent, kongruent – identisch). Die größte Differenz wurde zwischen identischen und inkongruenten Paaren erwartet, aber auch die anderen Differenzen wurden im positiven Bereich vermutet.

Da auch bei den Priming-Funktionen sich Unterschiede in den beiden Versuchspersonengruppen zeigten, wurde auf eine gemeinsame Analyse der Gruppen verzichtet und sofort zu der getrennten Darstellung übergegangen. Für die Ziffern-Gruppe veränderten sich die Kongruenzunterschiede über den SOA-Verlauf in Abhängigkeit des Primeformates, $[F(3,49;13,94) = 4,71; p = ,015]$. In der Wort-Gruppe veränderten sich zwar die Kongruenzunterschiede über den SOA-Verlauf signifikant, $[F(5,26;21,06) = 5,29; p = ,002]$, wurden aber nicht vom Primeformat beeinflußt, $[F(1,95;7,81) = ,95; p = ,43]$. In Abbildung 7 sind die Priming-Funktionen für die beiden Versuchspersonengruppen dargestellt.

Für die Ziffern-Gruppe nahm bei formatkonsistenten Primes die Differenz zwischen identischen und inkongruenten Paaren mit steigendem SOA auf einen Wert von 77 ms (bei einem SOA von 70 ms) zu. Auch die anderen Funktionen stiegen mit zunehmendem SOA an. Bei formatinkonsistenten Primes, d.h. Zahlwörtern, kam es weder zu einem Anstieg der Priming-Funktion noch zu großen Unterschieden zwischen den drei Funktionen.

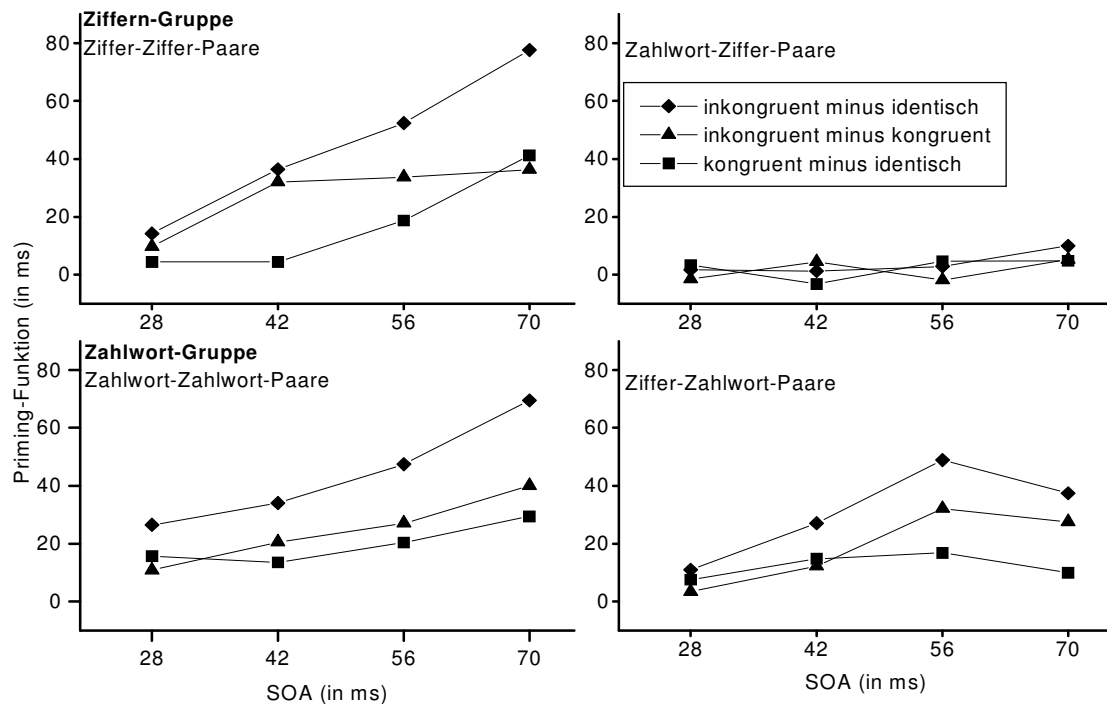


Abbildung 7: Priming-Funktion für beide Gruppen in den Sitzungen 2 bis 4; links sind die jeweils formatkonsistenten Prime-Zielreiz-Paare abgebildet, rechts die formatinkonsistenten.

In der Wort-Gruppe zeigte sich für die formatkonsistenten Reizpaare ein Anstieg der Priming-Funktion der inkongruenten und identischen Paare von 26 ms bei einem SOA von 28 ms auf 69 ms bei einem SOA von 70 ms. Auch die anderen Differenzen zeigten einen, wenn auch etwas leichteren, Anstieg über den SOA-Verlauf. Bei den inkonsistenten Reizpaaren zeigte sich ein uneinheitliches Bild. Bis zu einem SOA von 56 ms gab es einen Anstieg. Danach fielen die Funktionen jedoch wieder ab. Bis auf diese Abnahme fand sich, wie bei den absoluten Reaktionszeiten schon beobachtet, kein Unterschied zwischen formatkonsistenten und -inkonsistenten Paaren.

Die Asymmetrie zwischen dem Einfluß der Formatkonsistenz in der Wort- und der Ziffern-Gruppe veränderte sich auch nicht über den untersuchten SOA-Bereich. Dies deutet darauf hin, daß das Format im Handlungsplan spezifiziert wurde, dies jedoch für Ziffern und Zahlwörter als Zielreize unterschiedlich geschah.

7.2.4 Fehlerhäufigkeiten in den Sitzungen 2 bis 4

Bei den Fehlern zeigte sich für die gesamte Gruppe ein den Reaktionszeiten vergleichbarer Einfluß der Formatkonsistenz auf die Unterschiede in den Kongruenzverhältnissen, [$F(1,53;13,8) = 4,62$; $p = ,037$]. Eine genauere Analyse der Fehlerhäufigkeiten fand aber wie bei den Priming-Funktionen für beide Gruppen getrennt statt.

Wie schon für die gesamte Gruppe zeigte sich auch in der Ziffern-Gruppe bei den Fehlerhäufigkeiten ein, wenn auch nicht signifikanter, Einfluß des Primeformates, [$F(2;8) = 4,14$; $p = ,058$]. Betrachtet man die Kongruenzarten für die unterschiedlichen Formatkonsistenzen (Abbildung 8), sieht man auch hier deutliche Unterschiede zwischen den Fehlerhäufigkeiten der formatkonsistenten identischen Prime-Zielreiz-Paare und den formatkonsistenten inkongruenten Paaren. Der Unterschied betrug 4,8%. Die Fehlerhäufigkeit der formatinkonsistenten Paare veränderte sich nicht über die unterschiedlichen Kongruenzarten, sondern schwankte um 3 %.

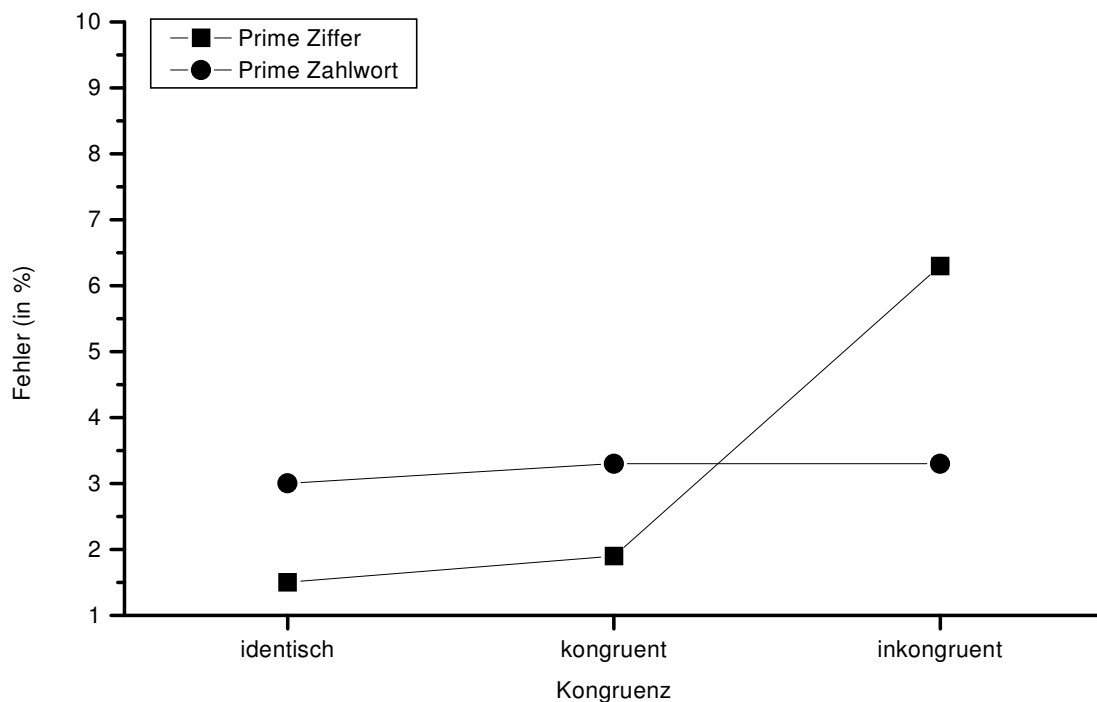


Abbildung 8: Einfluß des Primeformats auf Unterschiede in den Fehlerhäufigkeit (in Prozent) in den unterschiedliche Kongruenzbedingungen (Ziffern-Gruppe)

In der Wort-Gruppe unterschieden sich die Fehlerhäufigkeiten zwischen den formatkonsistenten und inkonsistenten Paaren nicht signifikant, [$F(1,17;4,68) = ,27$; $p = ,662$]. Sowohl bei Zahlwort-Zahlwort-Paaren als auch bei Ziffer-Zahlwort-Paaren fanden sich niedrigere Fehlerhäufigkeiten in den identischen und kongruenten Bedingungen im Vergleich zu den inkongruenten Bedingungen (Zahlwort-Zahlwort-Paaren: 3,5 bzw. 3,8 % zu 7,3%; Ziffer-Zahlwort-Paare: 3,8 bzw. 4,9% zu 5,2%). Auch wenn hier der Einfluß der Formatkonsistenz nicht signifikant wurde, zeigte sich jedoch ein Trend in die schon bei den Reaktionszeiten beobachtete Richtung, war doch gerade der Unterschied in den formatinkonsistenten Reizpaaren mit 1,4 % nicht sehr groß, während er bei den formatkonsistenten Paaren 3,8 % betrug, und somit deutlich größer war.

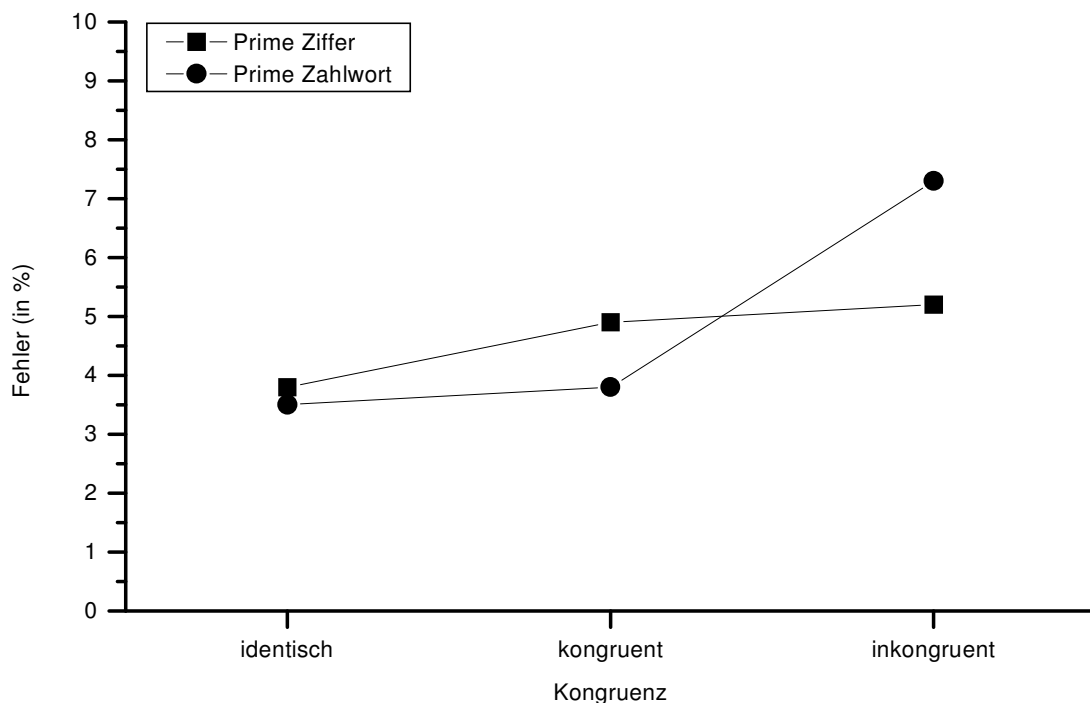


Abbildung 9: Einfluß des Primeformats auf Unterschiede in den Fehlerhäufigkeit (in Prozent) in den unterschiedlichen Kongruenzbedingungen (Wort-Gruppe)

Ein Einfluß der Formatkonsistenz auf die Kongruenzunterschiede ließ sich also für die Reaktionszeiten, die Priming-Funktionen und die Fehlerhäufigkeiten feststellen. Dies galt jedoch nur für die Ziffern-Zielreize. Bei Wort-Zielreizen schienen beide Primearten zu „wirken“, wenn auch die formatinkonsistenten Paare jeweils schwächere Effekte aufwiesen. Eine Aufnahme des Formats in den Handlungsplan war also möglich, wenn auch auf unterschiedliche Art und Weise für Ziffern und Zahlwörter. In den Sitzungen 5 und 6 sollte nun gezeigt werden, daß bis jetzt „unwirksame“ Primes nun doch Kongruenzunterschiede bewirken konnten.

7.2.5 Reaktionszeiten aus den Sitzungen 5 und 6

Die Sitzungen 5 und 6 waren immer noch Priming-Sitzungen, allerdings sahen beide Experimentalgruppen nun sowohl Zahlwörter als auch Ziffern als Zielreize. Die Formate der Primes waren immer formatinkonsistent. Trotz dieser ständigen Formatinkonsistenz wurden nun Kongruenzunterschiede erwartet.

Es fanden sich Reaktionszeitunterschiede zwischen den drei Kongruenzverhältnissen, [$F(1,57;12,54) = 42,76$; $p = ,00$]. Diese Unterschiede wurden weder durch die Gruppenzugehörigkeit, [$F(1,57;12,54)=2,54$; $p = ,122$], noch durch das jeweilige Primeformat beeinflusst, [$F(2;16) = 2,16$; $p = ,15$]. Die Differenz zwischen den Reaktionszeiten der identischen und der inkongruenten Bedingung betrug rund 31 ms, die zwischen der kongruenten und inkongruenten ca. 20 ms und die identische und kongruente Bedingung unterschieden sich durch rund 12 ms (siehe Abbildung 10).

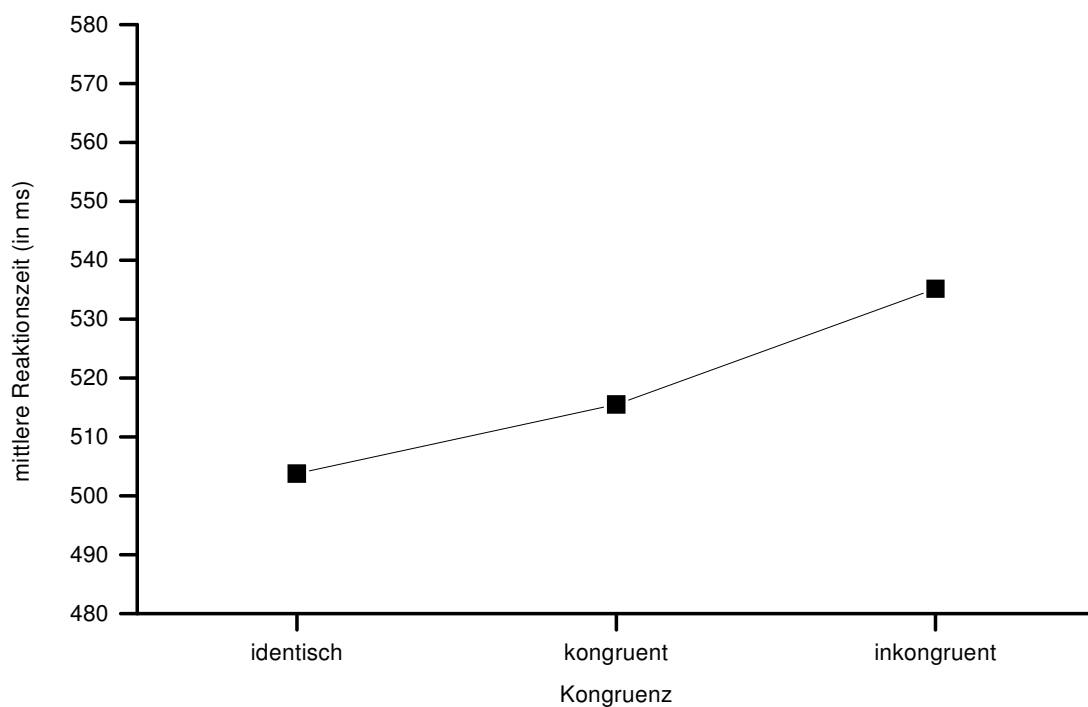


Abbildung 10: Kongruenzunterschiede in den mittleren Reaktionszeiten (in ms) für die Gesamtgruppe

7.2.6 Priming-Funktionen für die Sitzungen 5 und 6

Die Netto-Effekte für die gesamte Gruppe, wie sie in Abbildung 11 dargestellt sind, waren geringer als die in den Sitzungen 2 bis 4 gefundenen Effekte für die formatkonsistenten Paare. Aber sowohl für die Zahlwort-Ziffer- als auch für die Ziffer-Zahlwort-Paare gab es in den jeweils drei Differenzen einen Anstieg der Priming-Funktionen mit zunehmendem SOA, [$F(4,77;38,13) = 7,57$; $p = ,00$]. Im Fall von Ziffer-Zahlwort-Paaren fand dieser Anstieg aber nur bis zu einem SOA von 56 ms statt und fiel dann leicht um ca. 10 ms ab.

Allerdings wurden die Priming-Funktionen von dem jeweiligen Primeformat und der Gruppenzugehörigkeit beeinflusst, [$F(6;48) = 2,46$; $p = ,037$]. Die Wort-Gruppe erreichte größere Netto-Effekte als die Ziffern-Gruppe (siehe Abbildung 12). Dies galt vor allem für die Ziffer-Zahlwort-Paare. Hier wurden Effekte von bis zu 64 ms für das längste SOA erreicht (inkongruent minus identisch), während die vergleichbare Differenz in der Ziffer-Gruppe nur 38 ms betrug. Bei den Zahlwort-Ziffer-Paaren erreichten beide Gruppen den größten Netto-Effekt bei einem SOA von 56 ms mit 52 ms in der Wort- und 36 ms in der Ziffern-Gruppe (für die Differenz zwischen inkongruenten und identischen Paaren). Die anderen Effekte erreichten auch für dieses SOA den höchsten Wert. Danach wurden die Netto-Effekte geringer.

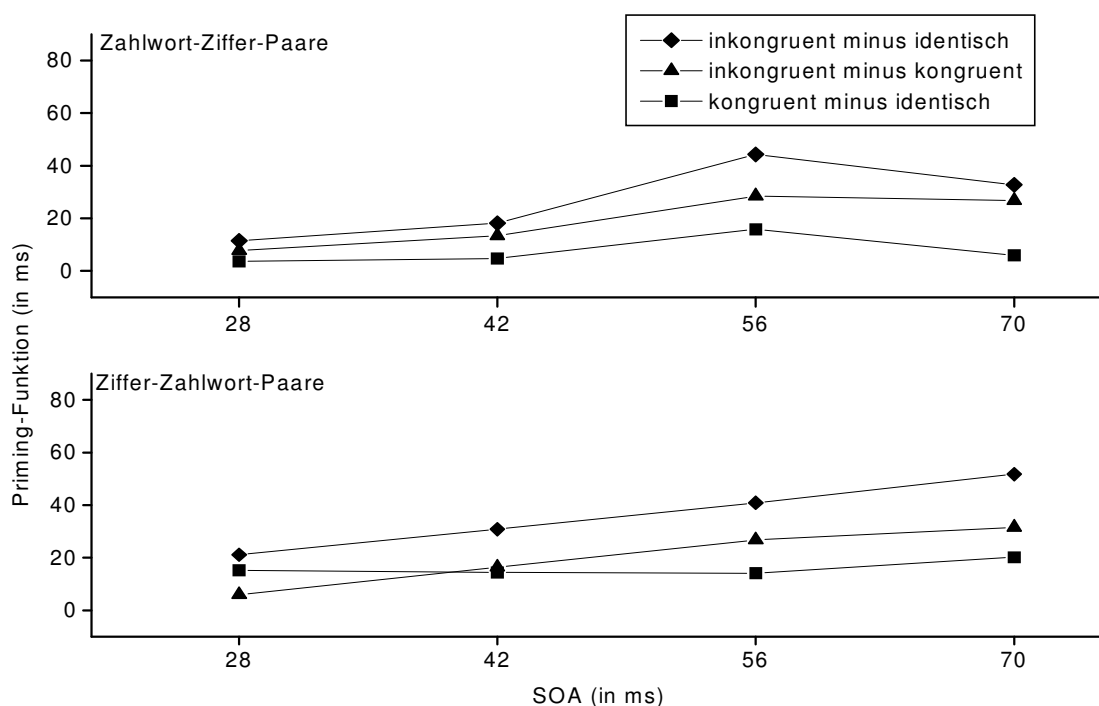


Abbildung 11: Priming-Funktionen für die Gesamtgruppe in den Sitzungen 5 und 6

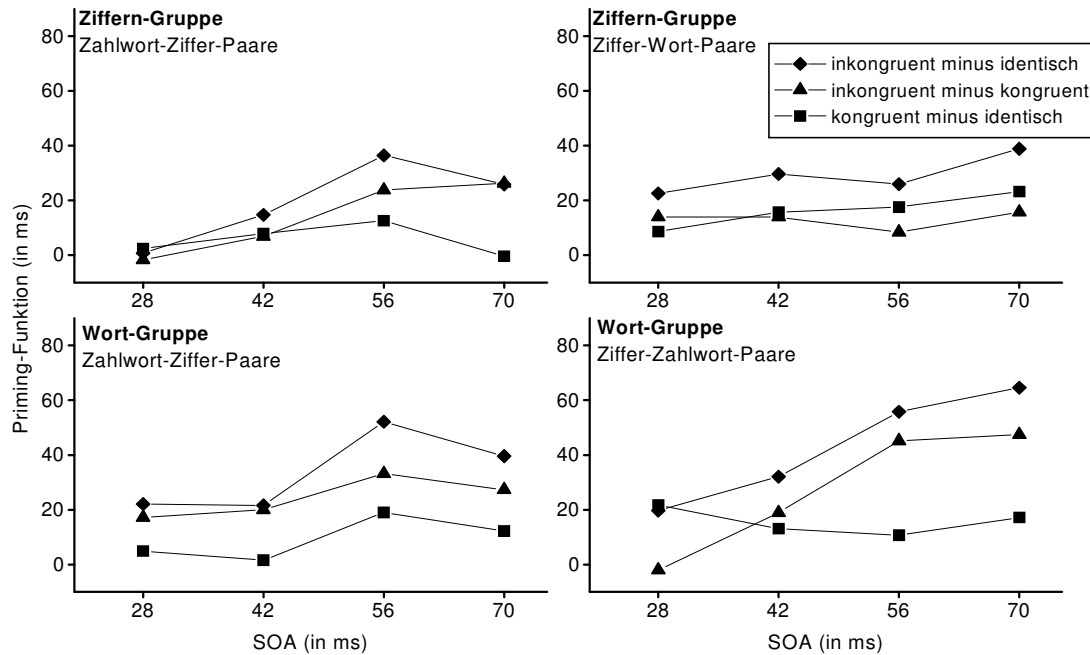


Abbildung 12: Priming-Funktionen nach SOA, Gruppenzugehörigkeit und Prime-Zielreiz-Formaten für die Sitzungen 5 und 6

Es kann also festgehalten werden, daß auch über den SOA-Verlauf sich die erwarteten Unterschiede in den Kongruenzbedingungen einstellten, diese jedoch für die Wort-Gruppe größer waren. Da es auch bei den Fehlerhäufigkeiten keinen signifikanten Einfluß des Primeformats auf die Kongruenzeffekte gab, [$F(1,69;13,53) = 1,94$; $p = ,185$], sollen diese hier nicht weiter besprochen werden.

7.2.7 Ergebnisse des Identifikationsexperimentes

In der letzten Sitzung bestand die Aufgabe der Versuchspersonen darin, die Parität des Primes zu beurteilen. Die Primes konnten beide Formate haben, das Format der Zielreize war immer formatinkonsistent dazu. Zur Auswertung wurde d' als Maß für die Sichtbarkeit verwendet, um eventuelle Verzerrungen durch Antworttendenzen berücksichtigen zu können. Ein d' von 0 entspricht dabei einer Nicht-Sichtbarkeit des Primes. Für jedes SOA wurde überprüft, ob sich der ermittelte d' -Wert signifikant von 0 unterschied. Danach wurde noch eine Varianzanalyse mit den Faktoren SOA und Primeformat gerechnet, um zu untersuchen, wie sich der Sichtbarkeitsverlauf mit zunehmendem SOA veränderte bzw. ob die beiden Primeformate unterschiedlich gut sichtbar waren.

Für die SOAs von 28 bis 56 ms zeigten sich keine signifikanten Abweichungen der d' -Werte von 0 bei der gesamten Gruppe, nur bei dem längsten SOA gab es eine Abwei-

chung von 0, [$t = 2,34$; $df = 9$; $\alpha = ,044$, $\alpha' = ,01259$], wenn auch nicht mehr für ein korrigiertes α' -Niveau. Die Zunahme der d' -Werte, wie sie in Abbildung 13 sichtbar ist, wurde nicht signifikant [$F(2,38;21,42) = 2,52$; $p = ,096$]. Es gab auch keinen signifikanten Einfluß der Primeformate, [$F(1;8) = 3,18$; $p = ,95$]. Weder bei der Wort- noch bei der Ziffern-Gruppe unterschieden sich die d' -Werte signifikant von 0, bei einer getrennten Betrachtung der Primeformate.

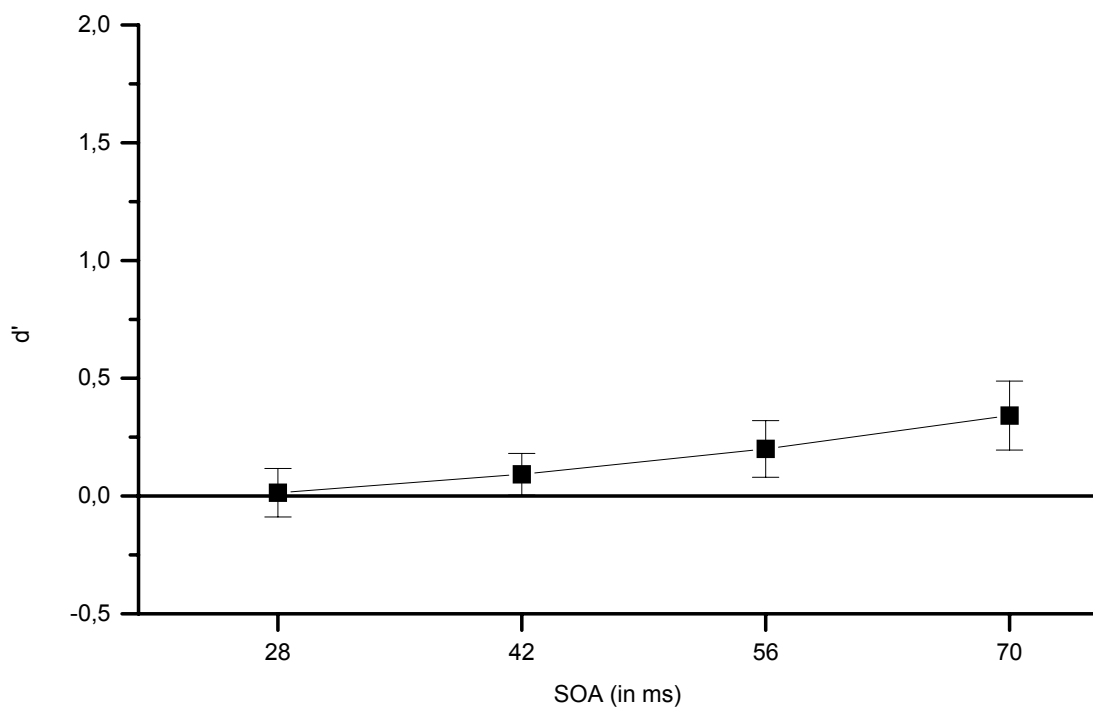


Abbildung 13: Maskierungsfunktion für die gesamte Gruppe in der Identifikations-sitzung

Die Abweichungen von 0 lassen sich durch starke individuelle Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchspersonen erklären, wie in Abbildung 14 (links) zu sehen ist. Während Versuchsperson 4 mit ansteigendem SOA die Primes immer besser wahrnehmen und wahrscheinlich schon ab einem SOA von 56 ms diese sehr gut erkennen konnte, fand sich bei Versuchsperson 1 eine Typ-B-Maskierung, die ihr Minimum gerade bei 56 ms hatte. Betrachtet man jedoch die Priming-Funktionen, sind die Differenzen zwischen inkongruenten und identischen Bedingungen bei beiden Versuchspersonen fast identisch und erreichten bei 56 ms ihr Maximum. Die Priming-Effekte waren also von der Maskierungseffektivität nicht abhängig.

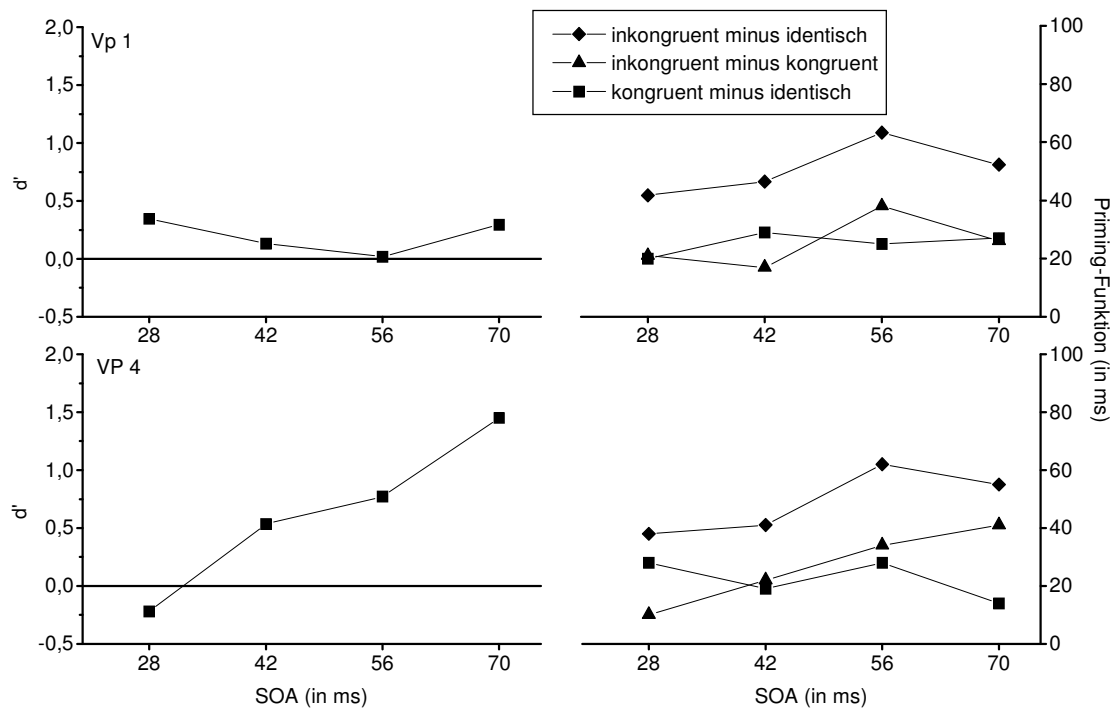


Abbildung 14: Maskierungs- und Priming-Funktionen zweier Versuchspersonen

7.3 Diskussion

Nach Neumanns (1989, 1990) Theorie der direkten Parameterspezifikation können nicht bewußt wahrgenommene Primes dann unbewußt wirken, wenn relevante Reizparameter mit im Handlungsplan spezifizierten Parametern übereinstimmen. Welche Parameter in den Handlungsplan aufgenommen werden, legte Neumann jedoch nicht fest.

In diesem Experiment wurden die Priming-Effekte sowohl von der Formatkonsistenz zwischen Prime und Zielreiz als auch von dem jeweiligen Zielreizformat (in den selektiven Priming-Sitzungen) beeinflusst. In der Ziffern-Gruppe fanden sich nur für Primes im Ziffernformat die üblichen Reaktionszeitunterschiede bzw. Unterschiede in den Fehlerhäufigkeiten, je nach dem, ob es sich um identische, kongruente oder inkongruente Paare handelte. Zahlwort-Primes führten zu keinen Unterschieden. In der Zahlwort-Gruppe führten jedoch sowohl Primes im Zahlwortformat als auch Ziffern-Primes zu Priming-Effekten. Im Falle von Ziffern-Primes waren die Effekte jedoch schwächer. Veränderte sich die Formatinformation im Zielreiz-Set (in den gemischten Priming-Sitzungen), d.h. wurden jetzt sowohl Ziffern als auch Zahlwörter gezeigt, führten nun auch Primes in beiden Formaten zu Priming-Effekten. Die Ergebnisse des Identifikationsexperimentes zeigten, daß die Primes von den meisten Versuchspersonen nicht bewußt wahrgenommen wurden.

Was bedeuten diese Ergebnisse jetzt für die direkte Parameterspezifikation? Es ging in dem Experiment darum, ob die Information über das Format eines Reizes, also seine äußere Form, in den Handlungsplan aufgenommen wurde, auch wenn dies nicht aufgabenrelevant war. Speziell in diesem Experiment wurde untersucht, ob sich nur dann Priming-Effekte (als Hinweis auf eine Spezifikation im Handlungsplan) finden, wenn das Format der Primes mit dem der Zielreize übereinstimmt. Des weiteren wurde die Veränderbarkeit möglicher in den Handlungsplan aufgenommener Parameter bei Veränderung der Zielreize untersucht.

Kann man von einer Aufnahme des Parameters „Format“ in den Handlungsplan ausgehen? Die formatspezifischen Effekte im Fall der Ziffern-Gruppe sprachen für eine solche Spezifikation des Formats im Handlungsplan, auch wenn dieses nicht aufgabenrelevant war. Hätte es keine Spezifikation des Formates im Handlungsplan gegeben, hätten beide Primeformate zu Effekten führen müssen. (Auf die davon abweichenden Ergebnisse in der Zahlwort-Gruppe wird weiter unten eingegangen.)

Diese formatabhängigen Priming-Effekte lassen sich nicht dadurch erklären, daß Zahlwörter bei Ziffern-Zielreizen nie zu Priming-Effekten führen können. So zeigten Dehaene und seine Kollegen (1998) in ihrem Experiment zu einer numerischen Größenentscheidung, ebenso wie die Ergebnisse der Sitzungen 5 und 6, daß auch formatunabhängige Priming-Effekte möglich sind. Maskierte Zahlwort-Primes werden anscheinend in den gleichen kortikalen Gebieten verarbeitet und können eine „repetition suppression“ als Ausdruck von Priming-Effekten hervorrufen (Naccache & Dehaene, 2001b).

Um das Entstehen formatabhängiger Priming-Effekte zu erklären, sind zwei Ansätze in der Handlungsplanspezifikation denkbar. Die erste Möglichkeit besteht in der Annahme, daß bei formatunabhängigen Priming-Effekten kein Parameter „Format“ in den Handlungsplan aufgenommen wurde, sondern einfach ein (formatunspezifischer) Parameter „Zahlen“. Wurde durch das Format eine zusätzliche Information gegeben, wurde der Handlungsplan dann um den Parameter „Format“ erweitert, der in diesem Fall auf „Ziffern“ beschränkt wurde. Formatabhängige Priming-Effekte konnten entstehen. Die andere Möglichkeit besteht darin, daß sowohl bei formatunabhängigen als auch -abhängigen Priming-Effekten ein Parameter „Format“ im Handlungsplan vorhanden war. Dieser wurde im ersten Fall allerdings mit „Ziffer und Zahlwort“ verbunden, im zweiten Fall hingegen nur mit „Ziffer“.

Zwischen diesen beiden Möglichkeiten läßt sich aufgrund der hier durchgeführten Experimente nicht entscheiden. Es gibt jedoch Hinweise, die für die zweite Möglichkeit sprechen. Schendzielarz (pers. Kommunikation) fand, daß die Wörter „gerade/ungerade“ nicht zu Priming-Effekten bei einer Paritätsentscheidung führten. Zahlwörter als Zielreize ermöglichten also keine Verarbeitung aller Wörter. Vielmehr wiesen diese Ergebnisse darauf hin, daß das Format in den Handlungsplan aufgenommen wurde und zwar als „Ziffer und Zahlwort“. Um eine genaue Überprüfung zwischen diesen beiden Erklärungsmöglichkeiten durchführen zu können, müßten weitere Formate, durch die Zahlen dargestellt werden können, wie z.B. römische Ziffern, als Primes, aber nicht als Zielreize vorkommen.

Nicht weiter diskutiert werden muß die gezeigte Veränderbarkeit von Handlungsplänen, wenn sich die Umweltinformationen veränderten. Neumann & Klotz (1994) zeigten dies schon für aufgabenrelevante Merkmale. Hier zeigten die Ergebnisse der Sitzungen 5 und 6, daß auch für aufgabenirrelevante Merkmale, wie das Format, der Handlungsplan ver-

ändert wurde. Allerdings lassen sich die hier gezogenen Schlußfolgerungen eindeutig nur auf die Ziffern-Gruppe anwenden.

Warum aber fand keine Spezifikation bei Zahlwörtern statt? Sahen die Versuchspersonen nur Zahlwörter als Zielreize, führten sowohl Zahlwort-Primes als auch Ziffern-Primes zu Priming-Effekten, wenn gleich diese im Falle der Ziffern-Primes schwächer waren. Wie läßt sich diese Asymmetrie in der Handlungsplanspezifikation im Vergleich zur Ziffern-Gruppe erklären?

Es gibt mehrere Erklärungsmöglichkeiten. Ziffern sind – auch in unserem täglichen Umgang – stärker mit numerischen Aufgaben assoziiert und werden deshalb vielleicht automatisch mitaktiviert. Dies könnte in Analogie zu dem vielfach untersuchten Wort-Überlegenheits-Effekt (z.B. Reicher, 1969, zit. nach Underwood & Batt, 1996) bei numerischen Aufgaben zu einem Ziffern-Überlegenheits-Effekt führen. Eine ähnliche automatische Verarbeitung von Ziffern zeigte sich bei Untersuchungen zum Stroop-Effekt bei Zahlen (Pavese & Umilità, 1998, siehe auch Tzelgov, Meyer & Henik, 1992). Auch einige der Zahlenverarbeitungsmodelle gehen von einer automatischen Aktivierung der Größenrepräsentation durch Zahlen aus, wie z.B. Koechlin und ihre Kollegen (1999). Allerdings enthält dieses Modell keine bestimmten Annahmen darüber, warum es eine unterschiedliche automatische Aktivierung für Zahlwörter und Ziffern geben sollte.

Eine weitere Erklärungsmöglichkeit könnte methodischer Natur sein. Bei den verwendeten Ziffern-Reizen wurde viermal dieselbe Ziffer gezeigt, wodurch das Erkennen möglicherweise erleichtert wurde. Zusätzlich mußten im Rahmen der visuellen Identifikation der Ziffern wesentlich weniger Zeichen „erkannt“ werden als bei einer Zahlwort-Identifikation. In den nachfolgenden Experimenten wurde deshalb damit gerechnet, daß sich die unterschiedliche Verarbeitung von Ziffern- und Zahlwort-Primes wiederholt.

Zum Abschluß soll noch geklärt werden, ob sich in dieser Arbeit eine Dissoziation zwischen den Maßen einer bewußten Wahrnehmung eines maskierten Primes (den d' -Werten) und den unbewußten Einflüssen dieser Primes (in Form der gefundenen Priming-Effekten) fand. Statistisch waren die gefundenen d' -Werte zwar nicht von Null verschieden, es ließen sich jedoch gerade für die längeren SOAs Werte deutlich oberhalb von Null finden. Fand trotzdem eine Dissoziation statt?

Bei der Wahrnehmung der Primes fanden sich starke individuelle Unterschiede, wie in Abbildung 14 zu erkennen ist. Trotz unterschiedlicher Maskierungsfunktionen verliefen die Priming-Funktionen beider Versuchspersonen gleich. Der Verlauf der Priming-

Funktion wurde von der Maskierungsfunktion nicht beeinflusst. Somit kann von einer Dissoziation ausgegangen werden, wie Vorberg und seine Kollegen (in Druck) nachwiesen. Eine vollständige Nullsensitivität für die Maße der bewußten Wahrnehmung ist demnach nicht mehr nötig.

Die hier gefundenen Ergebnisse zeigten, daß unter bestimmten Umständen das Format in den Handlungsplan aufgenommen wurde. Wenn die Versuchspersonen nur Ziffern sahen, dann führten auch nur Ziffern-Primes zu Effekten, sahen sie jedoch nur Zahlwörter, dann führten auch Ziffern-Primes zu Priming-Effekten.

Eine genauere Untersuchung des Parameters Format fand in den folgenden Experimenten statt. So sollte einer möglichen Kritik an dem hier durchgeführten Experiment begegnet werden. Man könnte annehmen, daß die Versuchspersonen die Formatinformation als aufgabenrelevant erachteten. Für sie könnte dann die Aufgabe gelautet haben: „Entscheide über die Parität der Ziffer/ des Zahlworts“ und nicht „Entscheide über die Zahl“. Dieser Kritik sollte (u.a.) in Experiment 3 nachgegangen werden. Weiter mußte noch geklärt werden, für welchen Zeitraum etwas in den Handlungsplan aufgenommen wurde, also, ob man bestimmte Informationen für die Dauer einer ganzen Sitzung sehen muß. Wie groß muß die aufzunehmende Einheit sein? Muß sie sich auf ein ganzes Zielreiz-Set beziehen oder reichen einzelne Reize? Diesen Fragen wurde in Experiment 2 und 3 nachgegangen. Ebenso mußte das Zusammenspiel zwischen Aufgabe und Format noch weiter geklärt werden. Dies geschah mit Hilfe der Experimente 4 und 5.

8 Experiment 2

Unter bestimmten Umständen wurde die Information über ein spezifisches Format in den Handlungsplan aufgenommen, wie in Experiment 1 gezeigt wurde. Andererseits waren auch durchaus formatunabhängige Priming-Effekte als ein Hinweis darauf, daß das spezifische Format nicht mit in den Handlungsplan aufgenommen wurde, möglich, wie sich in den Sitzungen 5 und 6 des letzten Experimentes, aber auch bei Dehaene und seinen Kollegen (1998) zeigte. Ab wann wird der betreffende Parameter auf ein spezifisches Format eingestellt und ab wann geschieht das nicht mehr?

Ein möglicher Ansatzpunkt könnte die Dauer sein, für die ein Handlungsplan erstellt wird. Die Dauer kann eine ganze Sitzung, aber auch nur einen Block oder nur einen Versuchsdurchgang umfassen. Neumann und Klotz (1994) zeigten, daß in jedem Versuchsdurchgang eine andere Aufgabe bearbeitet werden konnte, wenn der zeitliche Abstand zwischen Ankündigung der Aufgabe und Ausführung lang genug war. Die Versuchspersonen schienen also für jeden Versuchsdurchgang auf einen anderen Handlungsplan zurückgegriffen zu haben. Geschieht dieser ständige Wechsel des Handlungsplans nur bei einem Wechsel aufgabenrelevanter Merkmale oder reicht es aus, wenn das Format als wichtiges, aber nicht aufgabenbestimmendes Merkmal wechselt?

Es lassen sich dafür zwei Möglichkeiten ausmachen: Entweder wird das Format, wie auch schon bei den aufgabenrelevanten Merkmalen bei Neumann und Klotz (1994), für jeden Wechsel genau spezifiziert und die Formatinformation aufgenommen, so daß ein Wechsel des Handlungsplans je nach verlangtem Format eintritt. Dies müßte sich in je nach verlangtem Format formatabhängigen Priming-Effekten ausdrücken. Oder es wird, vielleicht aus Gründen der kognitiven Ökonomie, ein globaler Handlungsplan über mehrere Wechsel hinweg aufgestellt. In diesem Fall wäre die spezifische Formatinformation nicht im Handlungsplan vorhanden, ist sie doch das Merkmal, welches wechselt. Demnach müßten sich formatunabhängige Priming-Effekte, wie bei Dehaene et al. (1998), finden lassen.

Lassen sich formatabhängige Priming-Effekte auch unter den Bedingungen eines Wechsels finden, ist interessant, ob die Priming-Effekte zu Beginn jedes Wechsels vorhanden sind, oder ob sich diese erst über den Verlauf eines Blocks aufbauen. Die erste Möglichkeit würde die Idee einer Handlungsplanung vor der Handlungsausführung im Sinne der Theorie der direkten Parameterspezifikation unterstützen. Die zweite Möglichkeit wurde

von Damian (2001), aber auch von Klinger und seinen Kollegen (2000) vorgeschlagen. Im folgenden Experiment wechselte zur Untersuchung dieser Fragestellung das Format des Zielreizes von Block zu Block innerhalb einer Sitzung, während die Aufgabe (Entscheidung über die Parität) gleich blieb.

8.1 Material und Methode

Versuchspersonen. Es wurden 6 Psychologiestudentinnen der TU Braunschweig im Alter zwischen 19 und 31 Jahren getestet ($M = 21,5$ Jahre; $SD = 4,31$ Jahre). Bei zwei Versuchspersonen war die Sehfähigkeit korrigiert. Die Versuchspersonen bekamen ihre Teilnahme mit Versuchspersonenstunden vergütet.

Durchführung und Material. Das Experiment unterschied sich bis auf folgende Punkte nicht von Experiment 1: Alle Versuchspersonen nahmen an 5 Sitzungen teil. Die Sitzungszahl wurde im Vergleich zum ersten Experiment reduziert, um die Versuchspersonen nicht zu lange zu beanspruchen. Die ersten vier Sitzungen dienten zur Untersuchung des Primings, die letzte Sitzung war die Identifikationssitzung. Eine Sitzung bestand aus 12 Blöcken mit 48 Versuchsdurchgängen und 3 Aufwärmdurchgängen. Jede Versuchsperson durchlief 2304 auswertbare Priming-Versuchsdurchgänge und 576 auswertbare Identifikations-Durchgänge.

Innerhalb eines Blocks hatten die Zielreize nur ein Format – dies wurde zu Beginn des Blocks auf dem Bildschirm angezeigt. Als Primes kamen immer beide Formate vor. Die Abfolge der Blocktypen war zufällig. Die Versuchspersonen wurden über die blockweise Festlegung des Zielreizformates informiert, aber nicht über das Primeformat.

Versuchsplan. Es wurden folgende unabhängige Variablen variiert: Das **SOA** zwischen Prime und Zielreiz (28, 48, 56 und 70 ms), das **Kongruenzverhältnis** zwischen Prime und Zielreiz (identisch, kongruent, inkongruent), das **Primeformat** (Zahlwort oder Ziffer) und der **Blocktyp** (Zahlwort- oder Zifferblock). Mit letzterem war natürlich auch das Format des Zielreizes festgelegt. In den Priming-Sitzungen wurde die Reaktionszeit und die Fehleranzahl gemessen; in der Identifikationssitzung wurde die Fehleranzahl gemessen.

8.2 Ergebnisse

Mit Hilfe des Experimentes wurde untersucht, ob in einen Handlungsplan eine aufgabenirrelevante aber wechselnde Formatinformation aufgenommen wird oder ob der Handlungsplan in diesem Fall weiter gefaßt wird. Dazu wurde der Einfluß der Formatkonsistenz auf die absoluten Reaktionszeiten, die Priming-Funktionen und die Fehlerhäufigkeiten analysiert. Da sich, wie in Experiment 1, formatabhängige Priming-Effekte als Hinweis auf wechselnde Handlungspläne fanden, wurde in einem weiteren Schritt die Schnelligkeit des Wechsels untersucht.

8.2.1 Reaktionszeiten unabhängig vom Blocktyp

Erwartet wurde nach den Ergebnissen in Experiment 1, daß es innerhalb der formatkonsistenten Prime-Zielreiz-Paare große Unterschiede zwischen den identischen bzw. kongruenten und den inkongruenten Paaren gab, während diese im Fall von formatinkonsistenten geringer oder nicht vorhanden sein sollten. Wie in Abbildung 15 zu sehen ist, wurden die Reaktionszeitunterschiede in den drei Kongruenzbedingungen tatsächlich durch die jeweilige Formatkonsistenz beeinflusst, $[F(2;10) = 14,56; p = ,001]^5$.

Zwischen der identischen und der inkongruenten Bedingung bei formatkonsistenten Paaren bestand ein signifikanter Unterschied von rund 43 ms, zwischen der kongruenten und der inkongruenten Bedingung immerhin noch 18 ms. Auch für die formatinkonsistenten Reizpaare fanden sich, wenn auch wesentlich geringere, Unterschiede zwischen den identischen und inkongruenten Kongruenzverhältnissen (19 ms) bzw. den kongruenten und inkongruenten (15 ms). Hier wurde jedoch nur die Differenz zwischen identischen und inkongruenten Paaren signifikant.

Es zeigte sich das gleiche Bild wie in Experiment 1. Es wurde immer auf inkongruente Paare langsamer reagiert als auf identische bzw. kongruente Paare. Diese Kongruenzunterschiede sind allerdings für formatkonsistente Prime-Zielreiz-Paare wesentlich größer. In Analogie zu Experiment 1 wurden auch hier die Reaktionszeiten für beide Blocktypen und damit für beide Zielreizformate getrennt analysiert, um eventuell asymmetrische Einflüsse der Formatkonsistenz je nach Zielreizformat zu isolieren.

⁵ Die vollständigen Ergebnisse der Varianzanalyse und der t-Tests findet sich in Anhang B.

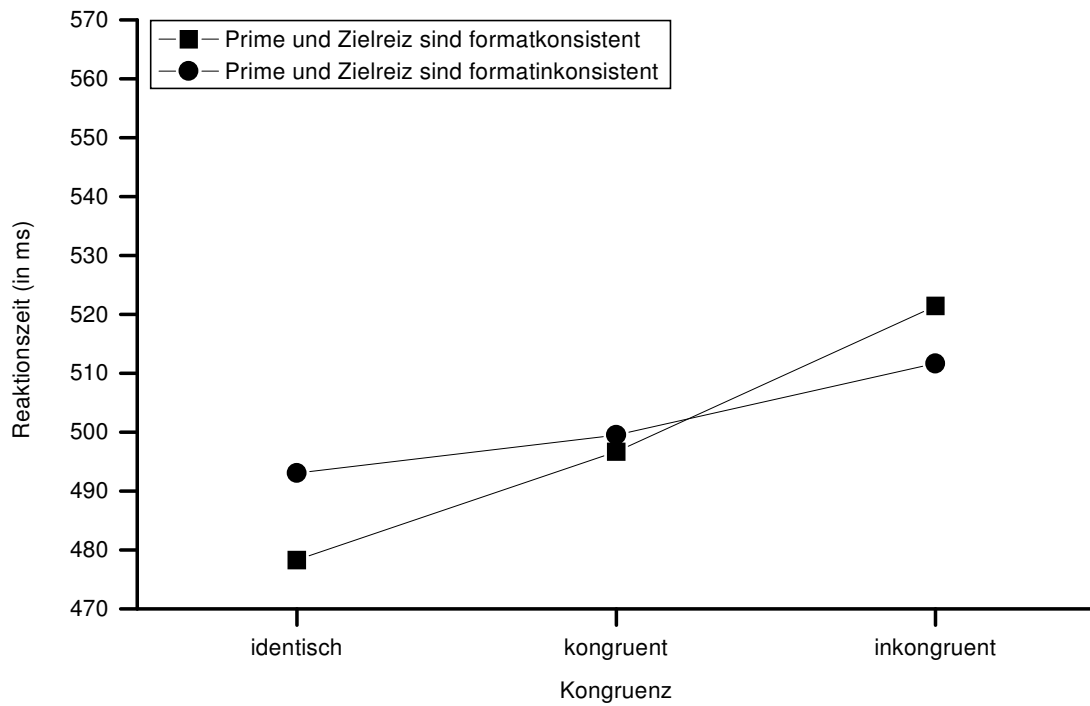


Abbildung 15: mittlere Reaktionszeiten (in ms) über die Kongruenzverhältnisse abhängig von der Formatkonsistenz zwischen Prime und Zielreiz

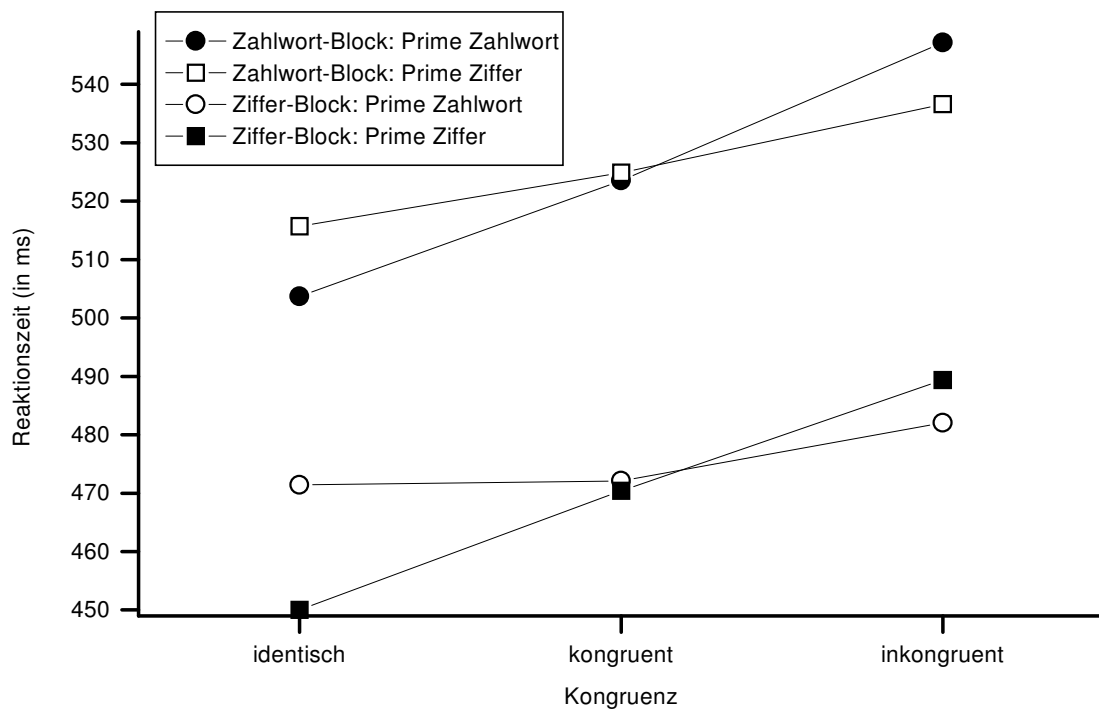


Abbildung 16: Interaktion (der mittleren Reaktionszeit, in ms) zwischen Kongruenz, Blocktyp und Primeformat

8.2.2 Reaktionszeiten getrennt nach beiden Blocktypen

Die Kongruenzunterschiede wurden durch den jeweiligen Blocktyp (und damit dem Zielreizformat) und das Primeformat beeinflusst, [$F(2;10) = 17,24$; $p = ,001$]. In Abbildung 16 erkennt man, daß innerhalb der Ziffernblöcke für formatkonsistente Ziffern-Primes die Reaktionszeitunterschiede zwischen identischen, kongruenten und inkongruenten Reizpaaren bis zu 40 ms betrugen. Bei formatinkonsistenten Zahlwort-Primes betrugen diese Unterschiede hingegen nur maximal 10 ms.

Innerhalb der Zahlwortblöcke fanden sich bei formatkonsistenten Paaren Reaktionszeitunterschiede bis zu 40 ms, während diese Unterschiede bei formatinkonsistenten Paaren ca. 20 ms betrugen. Sowohl bei den formatkonsistenten als auch den -inkonsistenten Paaren wurde dabei auf identische Paare schneller reagiert als auf inkongruente. Dieser Unterschied war bei den formatinkonsistenten Paaren um die Hälfte kleiner.

In den Ziffernblöcken führten also wie in Experiment 1 nur Primes im Ziffernformat zu Reaktionszeitveränderungen über die drei Kongruenzverhältnisse, Zahlwort-Primes hingegen nicht. In den Zahlwortblöcken führten Primes in beiden Formaten zu Reaktionszeitveränderungen – der Einfluß der Ziffern-Primes war jedoch schwächer. Dieser unterschiedliche Einfluß der Formatkonsistenz wurde auch bei der Analyse der Priming-Funktionen und der Fehlerhäufigkeiten erwartet. Es deutete sich aber schon hier an, daß die Formatinformation auch bei einem Handlungsplanwechsel von Block zu Block mit-spezifiziert wurde, allerdings wie in Experiment 1 für Zahlwörter und Ziffern in unterschiedlicher Weise.

8.2.3 Priming-Funktionen

Bei der Darstellung der Priming-Funktionen wurde auf eine genaue Analyse der signifikanten Interaktion zwischen Kongruenzbedingungen und SOA ohne Einbeziehung des Blocktyps verzichtet, [$F(4,25;21,26) = 3,32$; $p = ,027$], um gleich zu einer nach Zielreizformaten getrennten Analyse überzugehen, da auch hier je nach Zielreizformat unterschiedliche Ergebnisse erwartet wurden.

Über den gesamten SOA-Bereich veränderten sich die Kongruenzunterschiede in den mittleren Reaktionszeiten in Abhängigkeit des jeweiligen Blocktyps und des Primeformats signifikant, [$F(5,68;28,39) = 3,7$; $p = ,008$]. Wie in Abbildung 17 zu sehen ist, führten bei den Blöcken, in denen die Zielreize ein Ziffernformat hatten, Primes in Ziffern-

format zu einer Priming-Funktion, die mit steigendem SOA ebenfalls anstieg und bei denen der Betrag der Differenz zwischen den inkongruenten und identischen Paaren am größten war. Anders bei den Primes im Zahlwortformat. Hier stiegen die Priming-Funktionen nicht mit steigendem SOA an, sondern pendelten in einem Bereich von 10 ms bis 20 ms. Es stellten sich also auch bei längeren SOAs keine Kongruenzunterschiede ein.

Bei Zahlwort-Blöcken fand sich für Zahlwort- und für Ziffern-Primes ein Anstieg der Priming-Funktion bei ansteigendem SOA. Der Anstieg für formatinkonsistente Ziffer-Zahlwort-Paare war jedoch wesentlich schwächer als bei den formatkonsistenten Zahlwort-Zahlwort-Paaren. Der schon bei den Reaktionszeiten beobachtete schwache, aber vorhandene Einfluß von Ziffern-Prime in Zahlwort-Blöcken blieb also auch über den gesamten SOA-Verlauf erhalten. Der Einfluß der Formatkonsistenz fand sich also auch über den gesamten SOA-Verlauf wieder und zwar je nach Zielreizformat. Dies spricht für einen konstanten Einfluß dieses Faktors unabhängig von den zeitlichen Gegebenheiten.

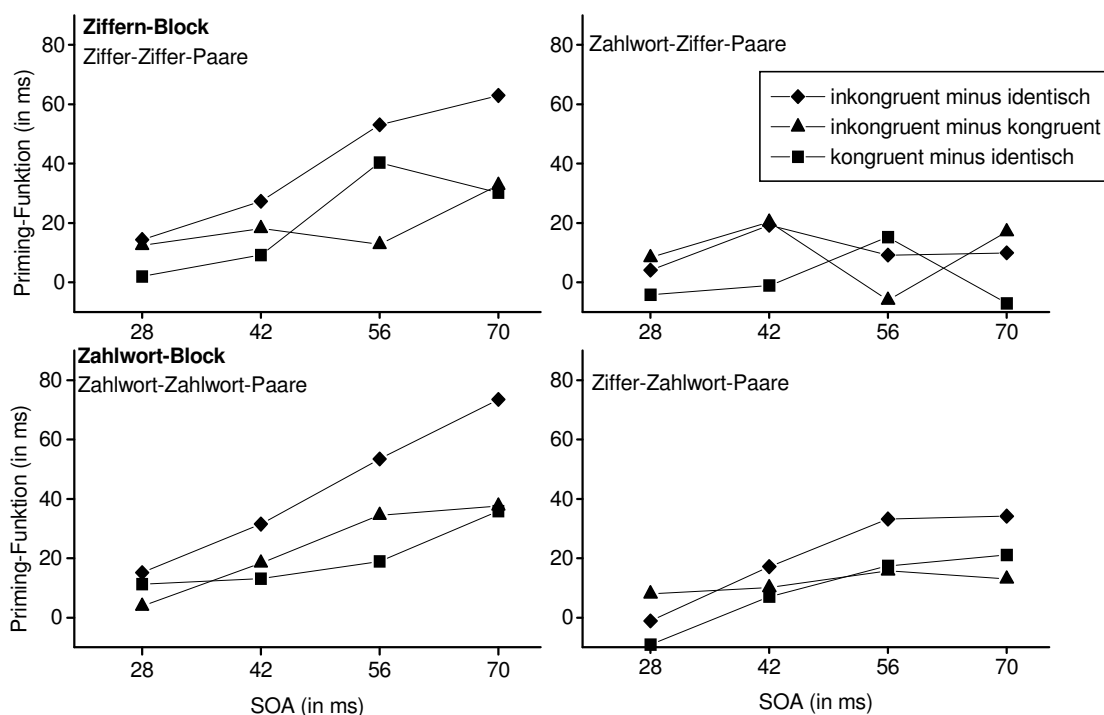


Abbildung 17: Priming-Funktionen getrennt nach den Blocktypen und Primeformat

8.2.4 Fehlerhäufigkeiten

Da bei der Analyse der Fehlerhäufigkeiten das jeweilige Zielreizformat einen entscheidenden Einfluß auf die Effekte ausübte, wurde sofort zu einer nach Zielreizformaten getrennten Analyse übergegangen. Denn auch hier wurden die Kongruenzunterschiede von dem jeweiligen Primeformat und dem Blocktyp (und damit auch dem Zielreizformat) beeinflusst, [$F(1,77;8,84) = 6,91$; $p = ,017$].

In den Blöcken mit Ziffern als Zielreizen führten Zahlwort-Primes zu keiner signifikanten Veränderung der Fehlerhäufigkeiten innerhalb der Kongruenzbedingungen (siehe Abbildung 18). Bei Primes im Ziffernformat wurden jedoch mehr Fehler in der inkongruenten Bedingung im Vergleich zu der kongruenten und identischen Bedingung gemacht. Für die Blöcke, in denen die Zahlwörter als Zielreize gezeigt wurden, fanden sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den formatkonsistenten und -inkonsistenten Paaren. In beiden Formatkonsistenzen wurden bei identischen Paaren weniger Fehler als bei inkongruenten Paaren gemacht.

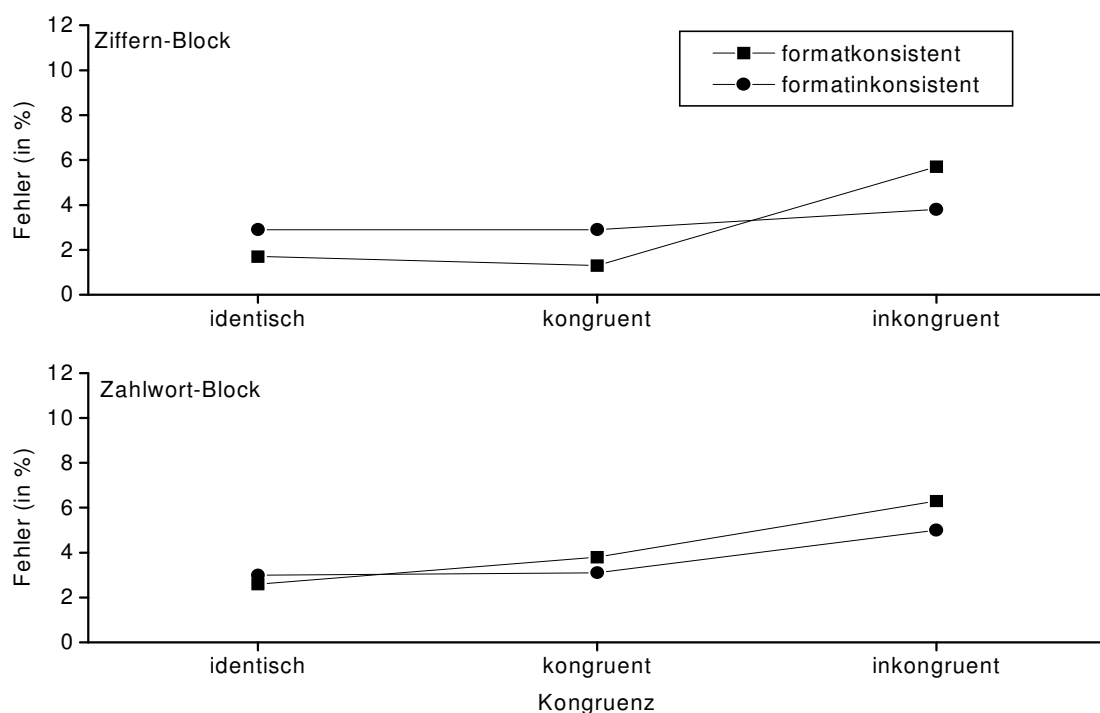


Abbildung 18: Fehlerhäufigkeiten (in Prozent) für die beiden Blocktypen nach Kongruenz und Primeformat

Es zeigte sich also sowohl in den Reaktionszeiten als auch bei den Priming-Funktionen und den Fehlerhäufigkeiten das schon aus Experiment 1 bekannte Muster. Formatkonsistente Primes übten Einfluß auf die Reaktionszeit bzw. Fehlerhäufigkeiten aus. Bei den formatinkonsistenten war dieser Einfluß nicht so stark ausgeprägt und hing von dem Format der Zielreize ab. Bei Ziffern-Zielreizen verfügten formatinkonsistente Primes (also Zahlwörter) über keinen Einfluß auf die Reaktionszeiten bzw. Fehlerhäufigkeiten. Bei Zahlwort-Zielreizen war ein Einfluß der formatinkonsistenten Ziffern-Primes vorhanden, aber wesentlich schwächer als der formatkonsistenten Primes. Zum Abschluß wurde noch analysiert, wie schnell sich der Handlungsplanwechsel einstellte.

8.2.5 Schnelligkeit der Einstellung des Handlungsplans

In den vorangegangenen Abschnitten wurde schon gezeigt, daß die Formatkonsistenz auch dann einen Einfluß hatte, wenn das Format von Block zu Block wechselte. Daraus wurde gefolgert, daß für jeden neuen Block der Handlungsplan neu spezifiziert wurde – je nachdem, welches Format die Zielreize in diesem Block enthielten. In einem zweiten Schritt wurde untersucht, wann es zur Spezifizierung des Handlungsplans kam. D.h. entstand dieser erst über den Verlauf eines ganzen Blockes oder wurde er zu Beginn des Blockes „erstellt“ und dann für den Block aufrechterhalten. Zur Analyse dieser Frage wurden die 48 Durchgänge jedes Blocks in vier Unterblöcke zu je zwölf Durchgängen unterteilt.

Bei dieser Unterteilung zeigten sich zwar weiter die Effekte der Formatkonsistenz auf die Kongruenz, [$F(2;10) = 12,97$; $p = ,002$], dies veränderte sich jedoch nicht signifikant über die gebildeten Unterblöcke, [$F(4,43;22,13) = 0,68$; $p = ,63$]. Dies ist in Abbildung 19 zu sehen. Es fällt auf, daß der Einfluß der Formatkonsistenz auf die Kongruenzunterschiede schon im ersten Block vorhanden war – also schon während der ersten zwölf Versuchsdurchgänge. Dieser Unterschied blieb zwar über die vier Blöcke bestehen, nahm aber immer mehr ab bis zum vierten Block hin.

Der Handlungsplan wurde also von Anfang an auf das Format eingestellt. Dies spricht für eine abgeschlossene Handlungsplanung vor Handlungsbeginn und nicht für eine sich langsam aufbauende Verbindung. Darauf wird in der Diskussion noch weiter eingegangen.

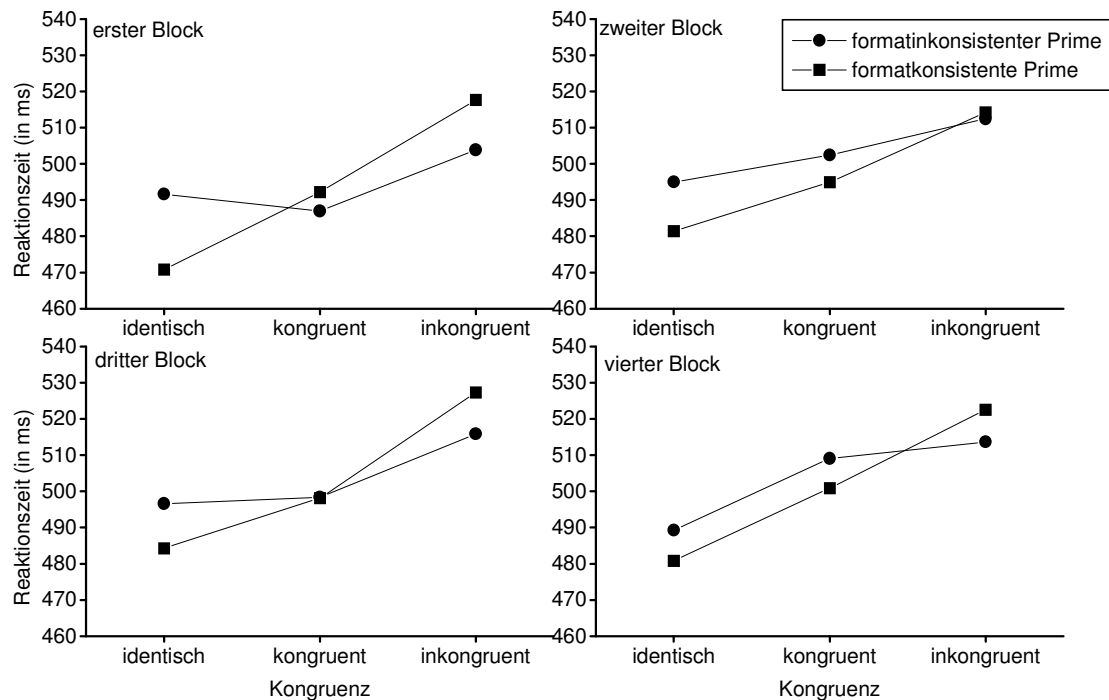


Abbildung 19: Reaktionszeiten (in ms) für die Unterblöcke nach Kongruenz und Formatkonsistenz

8.2.6 Ergebnisse des Identifikationsexperimentes

Auch bei diesem Experiment wurde in der letzten Sitzung wieder die Sichtbarkeit des Primes untersucht und für die Ergebnisse wurde ein d' berechnet und eine Maskierungsfunktion erstellt (siehe Abbildung 20). Die in Abbildung 20 zu sehenden Unterschiede zwischen den beiden Primeformaten über den SOA-Verlauf wurden nicht signifikant, [$F(2,32;8,17) = 1,17$; $p = ,35$]. Es scheint aber so zu sein, daß Ziffern-Primes besser erkannt wurden als Zahlwörter. Die d' -Werte unterschieden sich in keinem SOA signifikant von 0, obwohl gerade bei Ziffern-Primes im Falle des längsten SOAs hohe Werte erreicht wurden.

Die gute Sichtbarkeit ist jedoch vor allem auf eine Versuchsperson (VP 5) zurückzuführen, die die Ziffern-Primes besonders gut sehen konnte, wie in Abbildung 21 zu erkennen ist. Das Vorhandensein starker individueller Unterschiede wurde schon im letzten Experiment angesprochen und dort wurde gezeigt, daß die Sichtbarkeit keinen Einfluß auf die Güte der Priming-Effekte hatte.

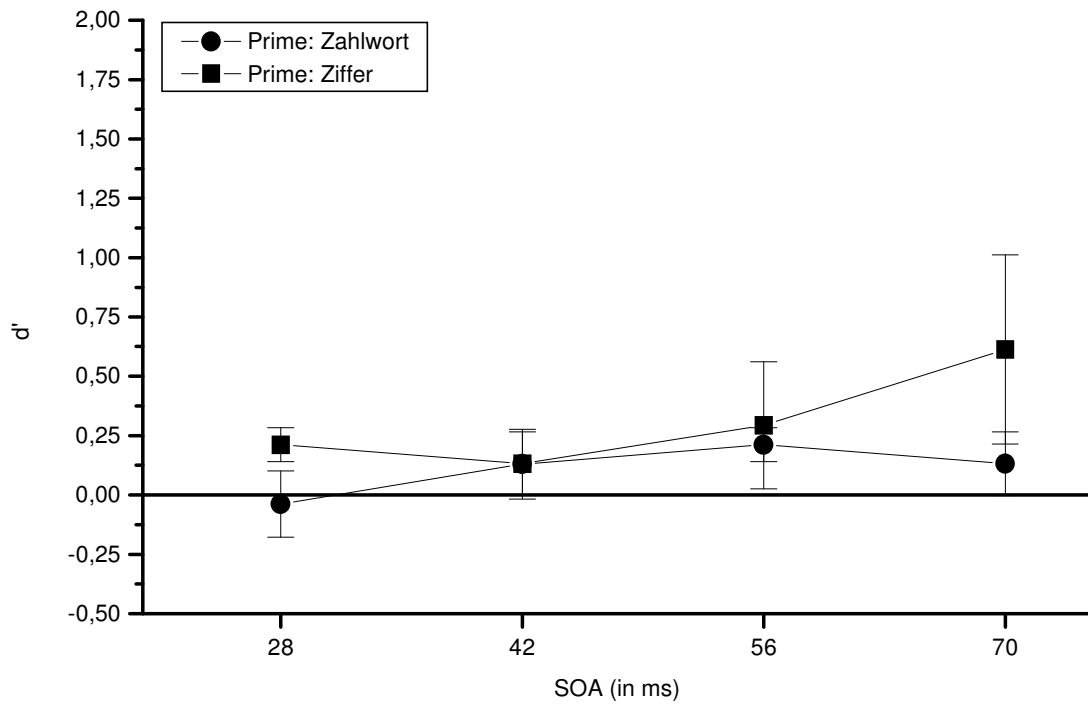


Abbildung 20: Maskierungsfunktionen der d' -Werte für beide Primeformate

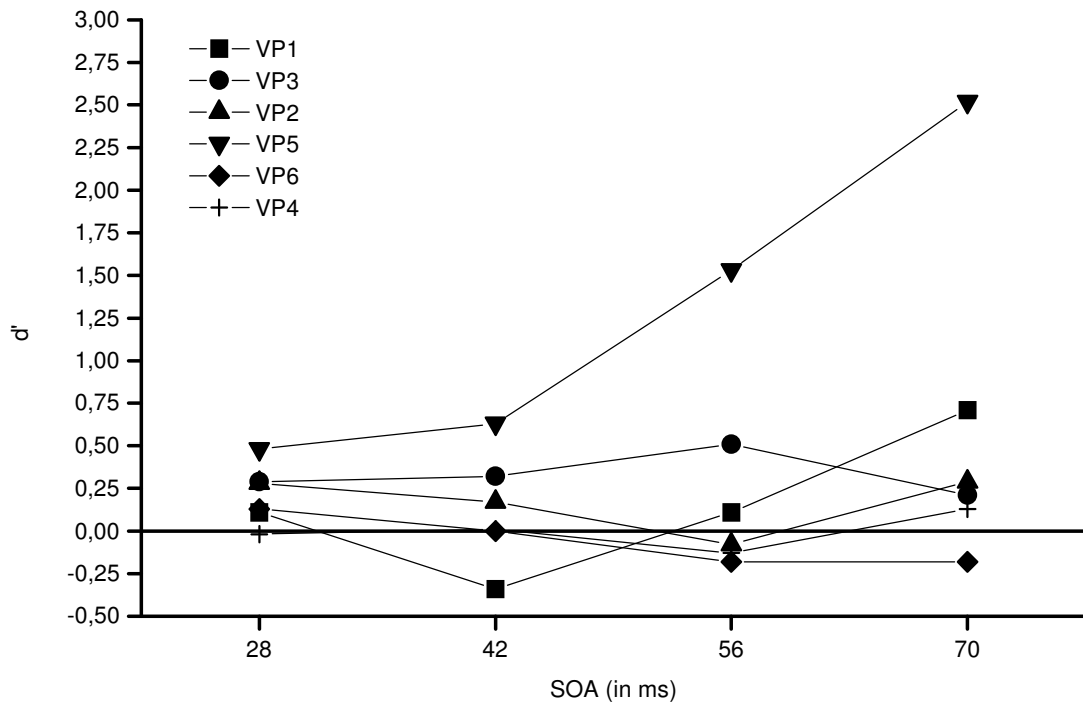


Abbildung 21: Maskierungsfunktionen für die einzelnen Versuchspersonen für die Ziffern-Primes

8.3 Diskussion

Mit Hilfe dieses Experimentes sollte untersucht werden, ob und wie die aufgabenirrelevante Information über das Format der Zielreize in einen Handlungsplan aufgenommen wurde, wenn dieses über den Verlauf einer Sitzung wechselte. Es fanden sich in den Blöcken, in denen Ziffern-Zielreize gezeigt wurden, nur bei formatkonsistenten Paaren Priming-Effekte. Formatinkonsistente Zahlwort-Primes beeinflussten die Reaktion auf einen Ziffernzielreiz nicht. In den Zahlwort-Blöcken fanden sich jedoch, wie in Experiment 1, sowohl für formatkonsistente als auch für formatinkonsistente Primes Effekte, wenn diese auch für formatinkonsistente Ziffern-Primes wesentlich schwächer waren. Diese Effekte waren zu Beginn jedes Blocks vorhanden und unabhängig von der bewußten Wahrnehmung, wie die Ergebnisse des Identifikationsexperimentes zeigten.

Die Ergebnisse legten nahe, daß für jeden Block ein Handlungsplan mit der jeweiligen Formatinformation spezifiziert wurde, es also keinen „globalen“ Handlungsplan für die gesamte Sitzung gab. Zwei Fragen müssen nun geklärt werden: Wann kommt es zu einem Handlungsplanwechsel und wann „entsteht“ ein Handlungsplan?

Wann kommt es nun zu einem Handlungsplanwechsel? Schon Neumann und Klotz (1994) zeigten, daß der Handlungsplan wechselte, wenn das aufgabenrelevante Merkmal zwischen einzelnen Versuchsdurchgängen wechselte. Die Ergebnisse hier zeigten, daß dies auch für das nicht aufgabenrelevante Merkmal „Format“ möglich war. Je nach gezeigtem Zielreizformat führten formatinkonsistente Primes zu Priming-Effekten oder eben nicht. Dies fand sich sowohl in den Reaktionszeiten als auch in den Fehlerhäufigkeiten und veränderte sich nicht über den SOA-Verlauf, wodurch die Stabilität der Ergebnisse unterstrichen wurde. Dabei soll hier nicht noch einmal auf die im letzten Experiment diskutierten Unterschiede der Verarbeitung zwischen Ziffern und Zahlwörtern eingegangen werden. Sie gelten natürlich auch für diese Experiment. Die Versuchspersonen erstellten also keinen Handlungsplan für die gesamte Sitzung.

Es scheint für unser kognitives System ökonomischer zu sein, für jeden neuen Versuchsblock einen neuen Handlungsplan zu erstellen, bzw. zu Beginn jedes Blocks zwischen zwei alternativen Handlungsplänen zu wechseln, wie die unterschiedlichen Priming-Effekte für die zwei Blocktypen zeigten. So wird eine Flexibilität im Verhalten unterstützt, deren Erhalt wichtiger zu sein scheint, als eventuell durch einen Handlungsplanwechsel entstehende Kosten. Schlaghecken und Eimer (2002) sahen den Nutzen des Primings ebenfalls in einer Unterstützung flexibler Reaktionsweisen: So werden auch nicht

bewußt wahrgenommene Reize verarbeitet und in unsere Reaktion aufgenommen, könnten sie doch vor Gefahren schützen. Diese notwendige Verhaltensflexibilität wäre durch einen für eine ganze Stunde erstellten Handlungsplan gestört worden, änderten sich die eingehenden Umweltinformationen doch in jedem Block.

Wann „entsteht“ der Handlungsplan? Nach Damian (2001) und Klinger et al. (2000) bauen sich die relevanten Verbindungen zwischen Reiz und Reaktion erst im Laufe des Experimentes auf. Priming-Effekte dürften also nicht von Beginn an da sein. Neumann (1989) äußerte hingegen die Annahme, daß die Handlungsplanung vor Beginn der Handlungsausführung (also auch vor Beginn eines Blocks) abgeschlossen sein müsse. Priming-Effekte wären demnach vom ersten Versuchsdurchgang vorhanden.

Wie die Untersuchung der Subblöcke innerhalb eines Blocks zeigte, waren die formatabhängigen Priming-Effekte schon von Beginn eines Blockes vorhanden. Diese Effekte waren sogar zu Beginn eines Blocks stärker als im letzten Viertel. Auch Naccache und Dehaene (2001a) stellten in einer Analyse ihrer Daten auf Trainingseffekte fest, daß Priming-Effekte schon innerhalb der ersten Durchgänge vorhanden war.

Die Idee einer sich langsam aufbauenden Verbindung zwischen Reiz und Reaktion wird durch die hier gefundenen Ergebnisse nicht unterstützt. Vielmehr wird durch diese Ergebnisse die von Neumann (1989) geäußerte Annahme einer abgeschlossenen Handlungsplanung vor Beginn der Aufgabe bestätigt. Die Annahme eines langsamen Aufbaus von Reiz-Reaktions-Verbindungen kann nicht erklären, daß sich schon innerhalb der ersten 12 Versuchsdurchgänge Priming-Effekte fanden. Wurde die Handlungsplanung jedoch vorher abgeschlossen, müssen schon von Beginn jeder Sitzung an Priming-Effekte vorhanden gewesen sein.

Die Abnahme des Einflusses der Formatkonsistenz gegen Ende eines Blockes ist jedoch auch erklärungsbedürftig. Es könnte sich dabei um Effekte der Aufmerksamkeit gehandelt haben. Unklar ist bis jetzt noch, wie sich die Aufmerksamkeit auf den Handlungsplan auswirkte, müßte er von dieser eigentlich unabhängig gewesen sein.

Eine andere Möglichkeit wurde von Vorberg (pers. Kommunikation) vorgeschlagen. Er verlangte von seinen Versuchspersonen einen Wechsel zwischen einer Größen- und einer Paritätsentscheidung bei einstelligen Zahlen innerhalb eines Priming-Experimentes. Dabei führte die jeweils gerade nicht relevante Dimension, also z.B. die Parität während eines Blocks mit Größenentscheidung, zu keinem oder nur einem abgeschwächten Einfluß auf die Priming-Effekte. Gegen Ende des Blocks gewannen sie jedoch immer an

Einfluß hinzu. Vorberg nahm an, daß sich die Versuchspersonen auf einen möglichen Aufgabenwechsel im nächsten Block vorbereiteten. Ähnliche Effekte könnten auch bei einem Formatwechsel zum Tragen gekommen sein.

Es zeigte sich hier, daß auch ein wechselndes Format mit in den Handlungsplan aufgenommen wurde. Auch bei von Block zu Block wechselnden Formaten der Zielreize führten (bei Ziffern-Zielreizen) nur formatkonsistente Ziffern-Primes zu Effekten, während formatinkonsistente Zahlwort-Primes zu keinen Kongruenzunterschieden führten. Die „Effektivität“ eines Primeformates wechselte also von Block zu Block, je nachdem auf welches Zielreizformat sich die Versuchspersonen einstellten.

Durch dieses Experiment wurde also gezeigt, daß nicht nur aufgabenrelevante Merkmale, wie bei Neumann und Klotz (1994), sondern auch aufgabenirrelevante Merkmale wie das Format zu einem Handlungsplanwechsel führen konnten. Aber auch hier könnte die Kritik aus dem ersten Experiment ansetzen, daß die Versuchspersonen die Aufgabe für sich umformulierten („Entscheide über Zahlwort oder Ziffer“ und nicht „Entscheide über den Zahlenwert“). Um diesem Kritikpunkt zu begegnen, wurde im nächsten Experiment den Versuchspersonen die Formatinformation nicht mehr mitgeteilt. Ebenso sollte im nächsten Experiment geklärt werden, ob es eine Grenze gibt, ab der die Formatinformation nicht mehr in den Handlungsplan aufgenommen wird.

9 Experiment 3

In den vorherigen Experimenten wurde gezeigt, daß in den Handlungsplan unter bestimmten Umständen die Information über das Format der Reize aufgenommen wurde. In diesen beiden Experimenten konnten die Versuchspersonen sich aber immer darauf einstellen, daß sie für mehrere Sitzungen bzw. für einen ganzen Block nur ein Reizformat sehen würden. Die Dauer, für die das spezifische Format mit in den Handlungsplan aufgenommen wurde, war relativ groß.

Es zeigte sich in den Sitzungen 5 und 6 des ersten Experimentes, daß, sobald in einer Sitzung (bzw. innerhalb eines Blocks) sowohl Ziffern als auch Wörter gezeigt wurden, auch formatinkonsistente Paare zu Priming-Effekten führten (siehe auch Dehaene et al., 1998). Die Befunde von Damian (2001) zur Antwortset-Abhängigkeit legten jedoch nahe, daß auch auf der Ebene einzelner Reize eine Spezifikation im Handlungsplan stattfinden kann. Im Rahmen einer Größenentscheidungsaufgabe führten nur Objekte, die auch im Zielreiz-Set vorhanden waren, zu Priming-Effekten. Naccache und Dehaene (2001a) zeigten jedoch, daß es auch eine Antwortset-Unabhängigkeit für Zahlen gibt. In ihrem Experiment fand die Spezifikation nicht auf der Ebene einzelner Reize, sondern auf der Ebene einer Klasse von Reizen („größer oder kleiner 5“) statt. Eine genauere Untersuchung der möglichen „Feinheit“ einer Handlungsplanspezifikation steht somit noch aus.

Neumann (1989) postulierte, daß zur Bildung eines Handlungsplans eine bewußte mentale Repräsentation nötig ist. In den bisher dargestellten Experimenten wurde den Versuchspersonen jeweils zu Beginn explizit die Formatinformation mitgeteilt. Was passiert jedoch, wenn das Format zwar eine Information enthält, diese aber nicht explizit mitgeteilt wird? Können die Informationen dann trotzdem in den Handlungsplan aufgenommen werden?

Mit Hilfe des nächsten Experimentes wurde deshalb versucht, sowohl die Frage nach der möglichen „Feinheit“ einer Handlungsplanspezifikation als auch nach der Notwendigkeit des bewußten Wissens über die Formatinformation zu beantworten. Dazu wurden den Versuchspersonen ohne ihr Wissen bestimmte Zielzahlen nur in einem Format gezeigt, während die Primezahlen in beiden Formaten präsentiert wurden.

9.1 Material und Methode

Versuchspersonen. An dem Experiment nahmen sechs Psychologiestudentinnen der TU Braunschweig teil, die zwischen 19 und 48 Jahre alt waren ($M = 26,17$ Jahre ; $SD = 9,93$ Jahre). Alle hatte eine normale oder korrigierte Sehfähigkeit. Ihre Teilnahme wurde ihnen mit Versuchspersonenstunden vergütet.

Durchführung und Material. Bis auf folgende Punkte unterschied sich dieses Experiment nicht von den vorherigen: Die Versuchspersonen nahmen an fünf Sitzungen teil (vier Priming-Sitzungen und eine Identifikations-Sitzung). Eine Priming-Sitzung bestand aus 12 Blöcken mit jeweils 96 Versuchs- und 3 Aufwärmdurchgängen. Jede Versuchsperson durchlief 4608 auswertbare Priming-Versuchsdurchgänge und 960 auswertbare Identifikations-Durchgänge. Aufgrund der Länge der einzelnen Blöcke wurde die Anzahl der Blöcke für das ohnehin schon anstrengendere Identifikationsexperiment in der letzten Sitzung auf 10 Blöcke reduziert.

Es erfolgte hier eine feste Verbindung der Zahlenwerten der Zielreize mit einem bestimmten Format. Bestimmte Zahlenwerte wurden nur als Ziffern, andere nur als Zahlwörter dargeboten (siehe Tabelle 2). Die Primes kamen in beiden Formaten vor und konnten mit beiden Zielreizformaten gekoppelt werden. Die Versuchspersonen wurden jedoch weder über die Koppelung noch über die Primeformate informiert, sondern erfuhren nur, daß sie sowohl Ziffern als auch Zahlwörter sehen werden.

Tabelle 2: Formate der Zahlenwerte der Zielreize und Primes in Experiment 3

| | Format | |
|-----------------|---|--|
| | Wort | Ziffer |
| Zielreiz | ZWEI, DREI, SIEBEN, ACHT | 1111, 4444, 6666, 9999 |
| Prime | EINS, ZWEI, DREI, VIER, SECHS, SIEBEN, ACHT, NEUN | 1111, 2222, 3333, 4444, 6666, 7777, 8888, 9999 |

Versuchsplan. Es wurden folgende unabhängige Variablen variiert: Die **SOAs** (28, 42, 56 und 70 ms), die **Kongruenzverhältnisse** zwischen Prime und Zielreiz (identisch, kongruent, inkongruent), das **Primeformat** (Zahlwort oder Ziffer) und das **Zielreizformat** (Zahlwort oder Ziffer). Ebenfalls variiert wurde das **Vorkommen der Primezahl** in diesem Format auch als Zielzahl („kommt auch in diesem Format vor“ oder „kommt

nicht in diesem Format vor“). Gemessen wurden die Reaktionszeiten und die Fehlerhäufigkeiten, sowie in der letzten Sitzung die Sichtbarkeit der Primes.

9.2 Ergebnisse

Mit Hilfe dieses Experimentes sollte sowohl die mögliche Feinheit der Handlungsplanung als auch die Notwendigkeit einer Bewußtheit aller in den Handlungsplan aufzunehmenden Informationen untersucht werden.

Wenn die Spezifikation des Formats auch auf der Ebene einzelner Reize geschehen konnte, dann sollten hier nur Primes zu Priming-Effekten geführt haben, die in einem Format vorkamen, in dem dieser Zahlenwert auch als Zielreiz vorkam. Der Zahlenwert „1“ z.B. kam als Zielreiz nur im Ziffernformat, also als „1111“, vor. Eine Primezahl sollte nur dann einen Einfluß auf die Reaktionszeit genommen haben, wenn sie ebenfalls als „1111“ und nicht im Wortformat, also als „EINS“, gezeigt wurde. Wenn dies so war, dann sollte es bei formatinkonsistenten aber als Zielreiz vorkommenden Primes zu Effekten kommen, während es bei formatkonsistenten, nicht als Zielreiz vorkommenden Primes zu keinen Effekten kommen sollte. Es spielte also nicht die Formatkonsistenz die entscheidende Rolle, sondern das Vorkommen der Primezahl in einem Format, in dem dieser Zahlenwert als Zielzahl gezeigt wurde – dies wird im folgenden nur als „Vorkommen des Primes“ bezeichnet.

9.2.1 Reaktionszeiten

Die Kongruenzunterschiede wurden vom Vorkommen des Primes und dem Zielreizformat beeinflusst, $[F(2;10) = 12,99; p = ,002]^6$. Wie in Abbildung 22 zu sehen ist, fanden sich über die drei Kongruenzverhältnisse Reaktionszeitunterschiede, wenn die Primezahl in einem Format gezeigt wurde, in dem sie auch als Zielreiz vorkam. Dies galt sowohl für die Zahlwort-Zielreize als auch für die Ziffern-Zielreize. In beiden Fällen betrug die Differenz zwischen der inkongruenten und der identischen Bedingung ca. 46 ms. Auch die inkongruente und kongruente Bedingung unterschieden sich für beide Zielreizformate (ca. 37 ms für die Zahlwort-Zielreize und ca. 22 ms für die Ziffern-Zielreize). Diese Reaktionszeitunterschiede verschwanden für beide Zielreizformate, sobald es sich

⁶ Die vollständigen Ergebnisse und post- hoc gerechneten t-Tests finden sich im Anhang C.

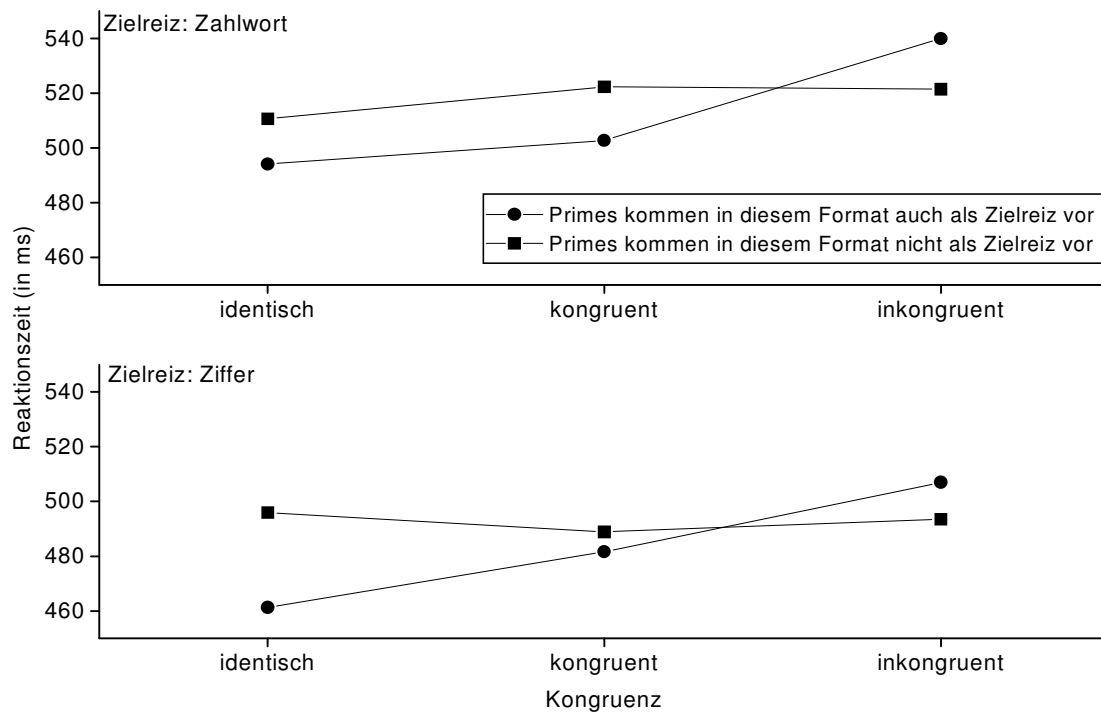


Abbildung 22: mittlere Reaktionszeiten (in ms) für Kongruenz, Vorkommen des Primes und Zielreizformat

um eine Primezahl handelte, die in diesem Format nicht als Zielreiz vorkam. Die identische und die inkongruente Bedingung bei Zahlwort-Zielreizen unterschieden sich in diesem Fall nur um 10 ms. Bei den Ziffern-Zielreizen betrug dieser Unterschied sogar nur 2 ms.

Die Primes hatten nur dann einen Einfluß auf die Reaktionszeit, wenn sie in einem Format vorlagen, in dem sie auch als Zielreiz gezeigt wurden. Das Zielreizformat beeinflusste dabei nur die allgemeine Reaktionszeitschnelligkeit. Auf Zahlwörter wurde langsamere reagiert als auf Ziffern; die Kongruenzunterschiede blieben gleich.

Waren die gefundenen Veränderungen in der Reaktionszeit nur auf die formatkonsistenten Paare zurückzuführen, d.h. beeinflussten nur „ZWEI, DREI, SIEBEN, ACHT“ als Primes die Zielzahlen „ZWEI, DREI, SIEBEN, ACHT“ oder geschah das auch durch die Primes „1111, 4444, 6666, 9999“? Spielte vielleicht doch die Formatkonsistenz die entscheidende Rolle und nicht das Vorkommen des Primes? Dazu wurden in einer neuen Varianzanalyse nur die Reaktionszeiten aus den Zahlenpaaren, in denen der Prime zwar formatinkonsistent war, aber vorkam, mit den Zahlenpaaren verglichen, in denen der Prime formatkonsistent war, aber nicht vorkam.

Wie in Abbildung 23 zu erkennen ist, zeigte sich auch hier, daß nur dann Unterschiede in den Kongruenzbedingungen eintraten, wenn die Primezahlenwerte in den jeweiligen Reizpaaren genau in dem Format gezeigt wurden, in dem sie als Zielreize vorhanden waren, allerdings in Abhängigkeit von dem jeweiligen Zielreizformat, $[F(1;5) = 20,72; p = ,006]$. Wurden die Primes in dem Format gezeigt, in dem sie auch als Zielreize vorkamen, dann betrug der Unterschied zwischen den kongruenten und inkongruenten Reizpaaren bei Ziffern-Zielreizen ca. 24 ms, bei Zahlwort-Zielreizen 31 ms. Handelte es sich um Primes, die in dem Format, in dem sie nicht vorkamen, gezeigt wurden, betrug dieser Unterschied nur 8 (Ziffern-Zielreize) bzw. 5 ms (Zahlwort-Zielreize).

Es zeigte sich also auch hier, daß das Vorkommen des Primes einen Effekt auf die Reaktionszeitunterschiede unabhängig von der Formatkonsistenz ausübte. Die Formatinformation wurde mit dem Zahlenwert gekoppelt und auf der Ebene eines Zahlenwertes gespeichert.

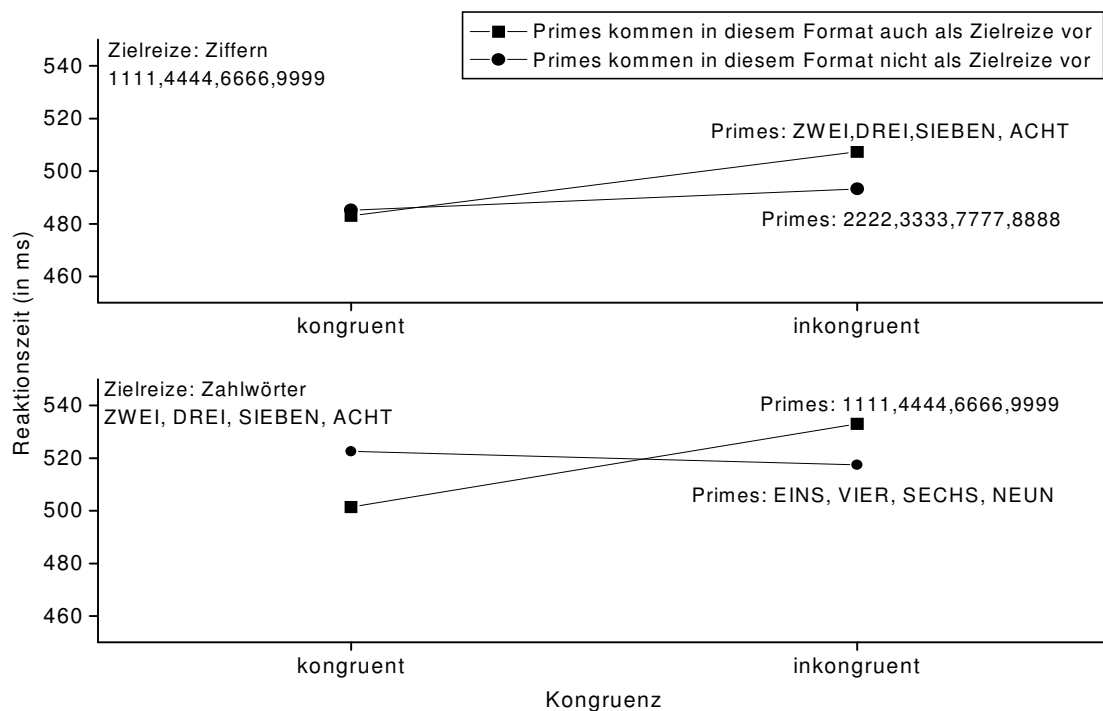


Abbildung 23: mittlere Reaktionszeiten (in ms) nach Vorkommen des Primes, Zielreizformat und Kongruenz für die zweite Varianzanalyse (die Zielreize kommen in folgenden Formaten vor: 1111, ZWEI, DREI, 4444, 6666, SIEBEN, ACHT, 9999)

9.2.2 Priming-Funktionen

Auch über den SOA-Verlauf gab es einen signifikanten Einfluß des Vorkommens auf die Kongruenzunterschiede, $[F(4,67;23,32) = 4,77; p = ,004]$. Im Falle von Primes, die vorkamen, gab es die üblichen Reaktionszeitunterschiede zwischen den identischen bzw. kongruenten und den inkongruenten Reizpaaren, die mit zunehmendem SOA größer wurden (siehe Abbildung 24). Handelte es sich allerdings um Primes, die nicht vorkamen, wie im unteren Teil der Abbildung 24 zu sehen, bewegten sich alle drei Priming-Funktionen zwischen einem Wert um 0 ms bis ca. 10 ms. Es gab weder Unterschiede zwischen ihnen, wie sie üblicherweise erwartet wurden, noch stiegen die Werte mit zunehmendem SOA an. Die Unterschiede bestanden also über den gesamten SOA-Verlauf.

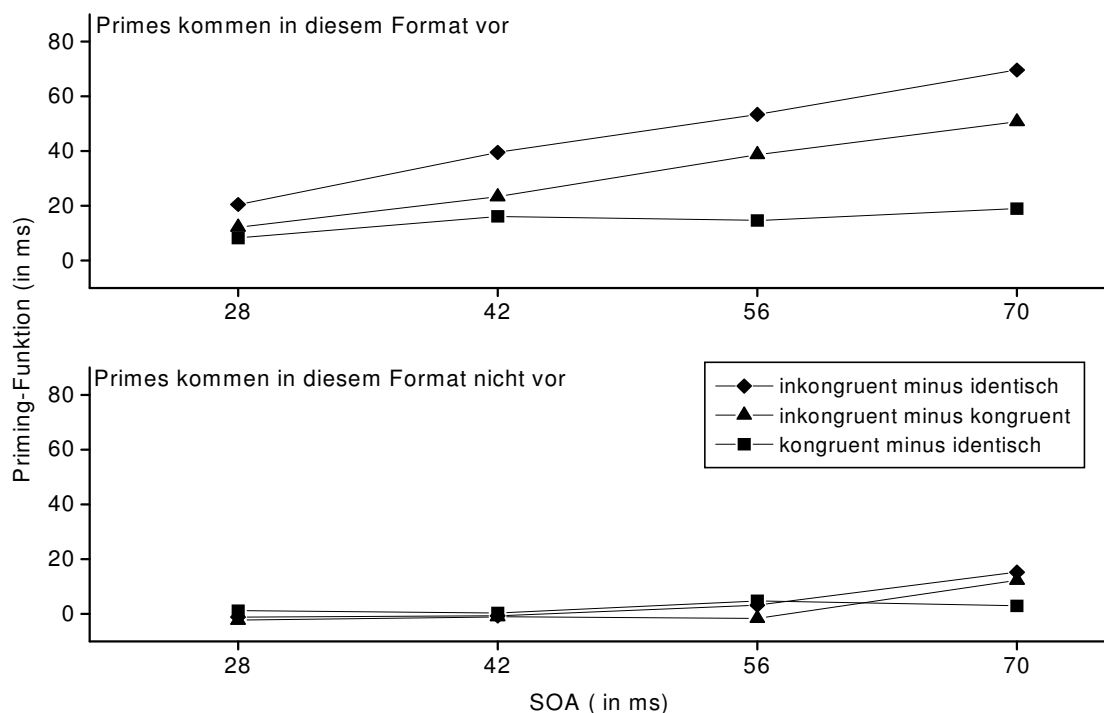


Abbildung 24: Priming-Funktionen über Kongruenz und Vorkommen

Vergleicht man auch bei den Priming-Funktionen nur die Reizpaare mit formatinkonsistenten aber vorkommenden Primes mit denen mit formatkonsistenten aber nicht vorkommenden Primes, veränderten sich die Kongruenzunterschiede, die von dem Zielreizformat beeinflußt wurden, nicht signifikant über den SOA-Verlauf, [$F(3;15) = 2,71$; $p = ,082$]. Die erwartete signifikante Zunahme der Kongruenzunterschiede fand sich nicht. Wie aber in Abbildung 25 zu sehen ist, fanden sich auch hier ansteigende Priming-Funktionen. Die Differenz nahm bis auf ca. 45 ms bei einem 70 ms SOA zu. Kamen die Primes jedoch in einem Primeformat vor, in dem sie nicht als Zielreiz gezeigt wurden, dann war der Anstieg der Priming-Funktion mit zunehmendem SOA nicht vorhanden. Hier waren die Werte für die ersten drei SOA sogar negativ, d.h. auf kongruente Reizpaare wurde langsamer reagiert als auf inkongruente. Zwar fand zum letzten SOA ein Anstieg in den positiven Bereich statt, aber es wurde nur ein Betrag von 16 ms erreicht. Diese Effekte wurden nicht vom Zielreizformat beeinflußt, [$F(2,69;13,48) = 1,78$; $p = ,201$].

Es zeigte sich auch also bei den Priming-Funktionen, daß der Einfluß des Vorkommens eines Primes bedeutsam ist. Kamen die Primes vor, dann fanden sich die üblichen Effekte, kamen sie nicht vor, dann wirkten die Primes auch nicht, selbst im Falle einer Formatkonsistenz.

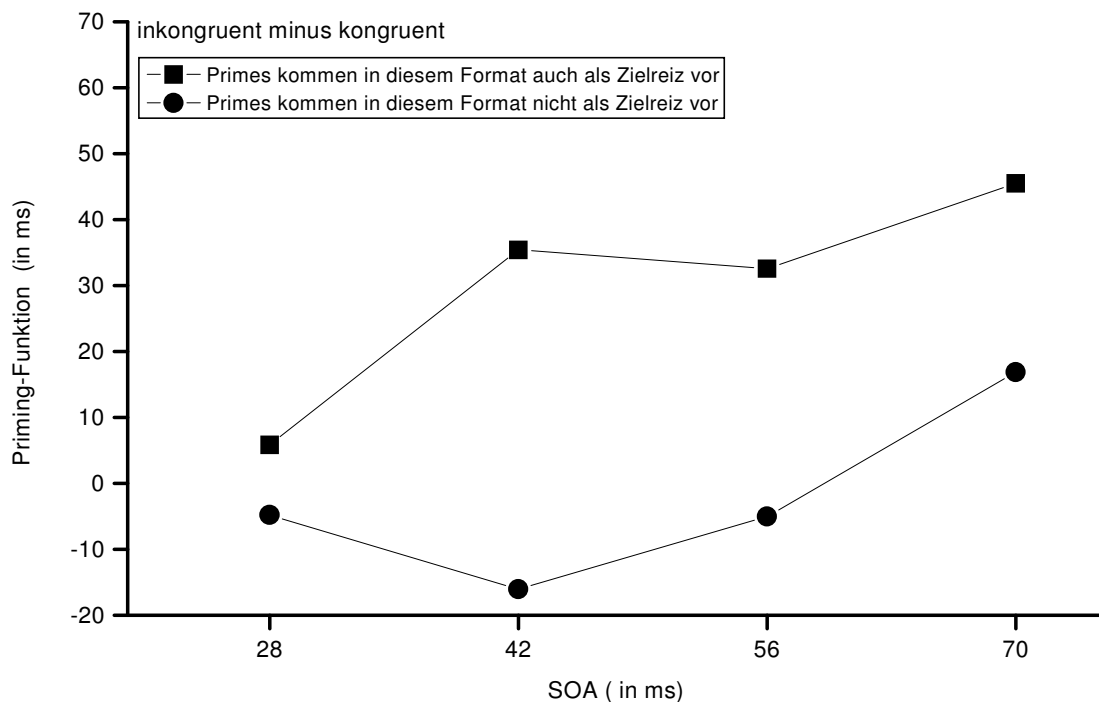


Abbildung 25: Priming-Funktionen für das Vorkommen des Primes nach Formatkonsistenz

9.2.3 Fehlerhäufigkeiten

Auch in den Fehlerhäufigkeiten fand sich ein Einfluß des Vorkommen des Primes auf die Kongruenzunterschiede, [$F(1,67;8,33) = 7,28$; $p = ,017$], der allerdings nicht, wie bei den absoluten Reaktionszeiten, durch das Format des Zielreizes moduliert wurde, [$F(1,47; 7,36) = 3,63$; $p = ,088$]. In Abbildung 26 sind die Fehlerhäufigkeiten für die drei Kongruenzarten in Abhängigkeit von dem Vorkommen des Primes dargestellt. Wie dort zu erkennen ist, gab es sowohl für die vorkommenden Primes als auch die nicht vorkommenden Primes wesentlich mehr Fehler bei inkongruenten als bei identischen und kongruenten Reizpaaren. Kamen die Primes jedoch in dem Format auch als Zielreiz vor, machten die Versuchspersonen bei inkongruenten Durchgängen mit 9,2 % signifikant mehr Fehler als in der Bedingung, in der sie nicht vorkamen (6,7 %). In den identischen und kongruenten Bedingungen machten sie hingegen bei vorkommenden Primes weniger Fehler (2,8 bzw. 3,4 %) als wenn sie nicht als Primes vorkamen (4,6 bzw. 4,2%). Die Unterschiede waren somit bei vorkommenden Primes wesentlich größer.

Auch für die Fehler galt, daß das Vorkommen des Primes die Fehlerhäufigkeitsunterschiede zwischen den drei Kongruenzbedingungen unterschiedlich beeinflusste. Kamen die Primes vor, fanden sich große Unterschiede zwischen den drei Kongruenzarten. Kamen die Primes nicht vor, fanden sich, im Gegensatz zu den Reaktionszeiten, zwar auch Unterschiede, diese waren jedoch kleiner.

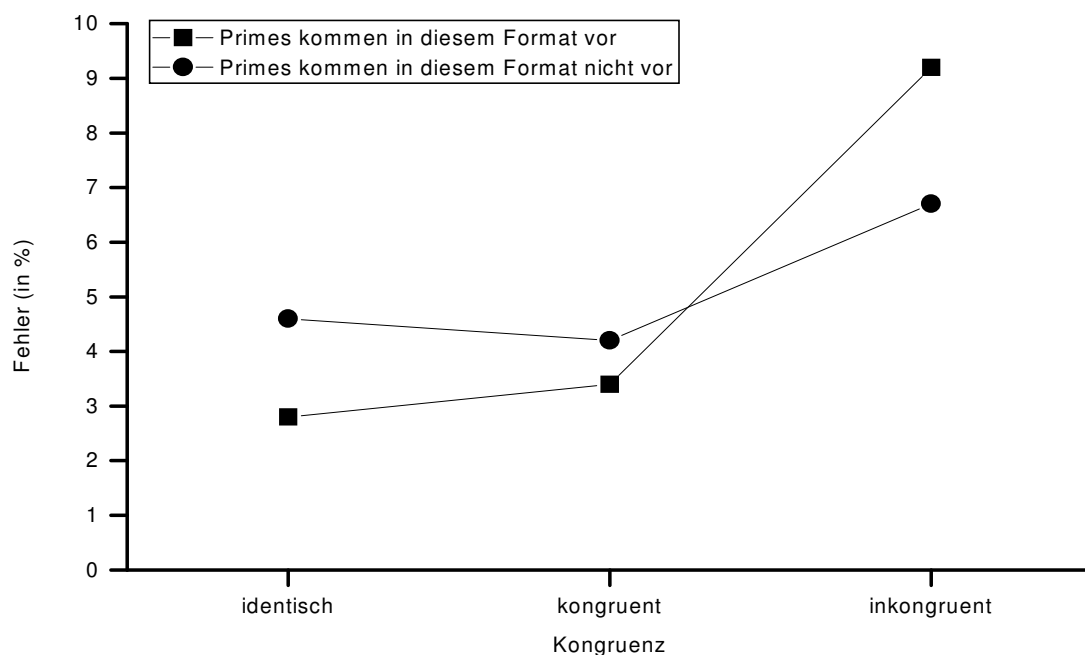


Abbildung 26: Fehlerhäufigkeiten (in Prozent) nach Kongruenz und Vorkommen des Primes

9.2.4 Ergebnisse des Identifikationsexperimentes

Zur Untersuchung der Entdeckungsleistung wurden die d' Werte berechnet. Diese nahmen mit steigendem SOA zu, [$F(2,05;10,29) = 5,53$; $p = ,023$]. Ebenfalls wurden Ziffern-Primes besser als Wort-Primes erkannt, [$F(1;5) = 12,32$; $p = ,017$].

In Abbildung 27 sind die d' -Werte in einer Maskierungsfunktion für den gesamten SOA-Bereich für beide Primearten dargestellt. Die Ziffern-Primes wurden vor allem bei dem SOA von 70 ms erkannt, wobei sich auch dieser Wert, wie alle anderen Werte, wenn auch knapp, nicht signifikant von 0 unterschied. Dieser Anstieg bei dem längsten SOA war auf die d' -Werte zweier Versuchspersonen zurückzuführen, die hier Werte über einem d' von 1 erreichten, während die Werte der anderen Versuchspersonen sich zwischen $-0,04$ und $0,04$ bewegten. Man kann also davon ausgehen, daß bis zu einem SOA von 56 ms die Primes nicht bewußt wahrgenommen wurden.

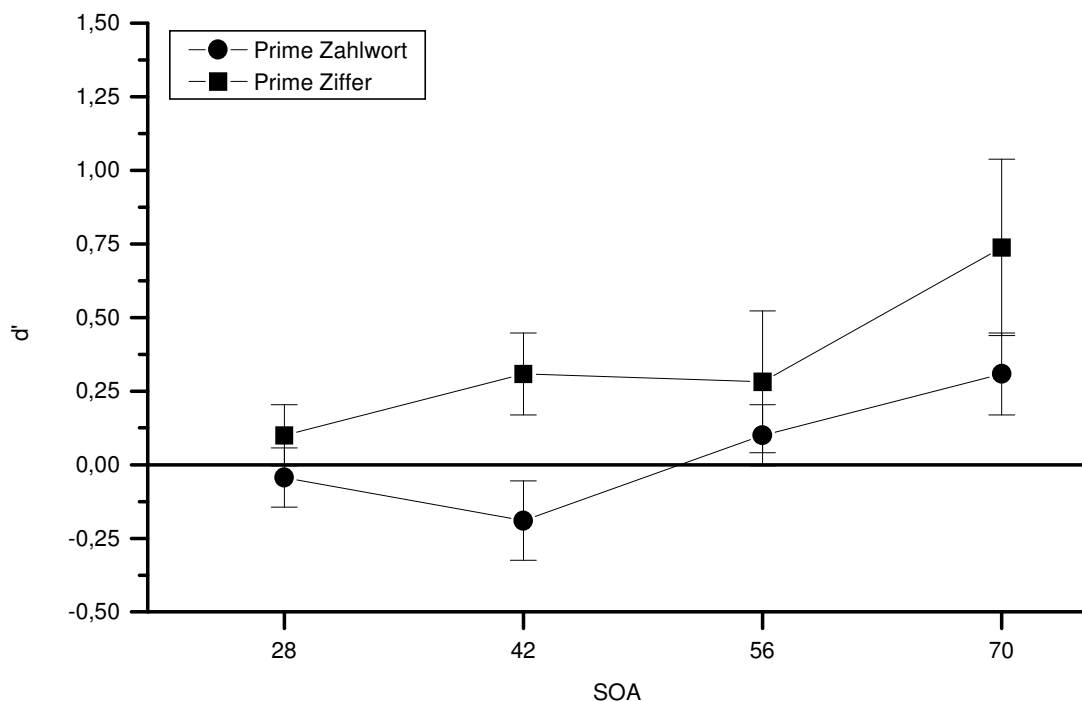


Abbildung 27: Maskierungsfunktionen in Abhängigkeit des SOA und des Primeformates

9.3 Diskussion

In diesem Experiment wurde sowohl die mögliche Feinheit der Einstellung des Handlungsplans sowie die Notwendigkeit der Bewußtheit über ein bestimmtes Merkmal, um den entsprechenden Parameter im Handlungsplan spezifizieren zu können, untersucht. Wie die Ergebnisse zeigten, konnte der Handlungsplan auch einzelne Reize und ihre Merkmale aufnehmen. Ob dies bewußt oder unbewußt geschah, muß jedoch noch diskutiert werden.

Wurden die Primes in einem Format gezeigt, in dem sie auch als Zielreiz vorkamen, fanden sich Kongruenzunterschiede in den Reaktionszeiten und Fehlerhäufigkeiten, die mit zunehmendem SOA größer wurden. Kamen die Primes jedoch in einem Format vor, in dem sie nicht als Zielreiz vorkamen, verschwanden die Kongruenzunterschiede. Das Format des Zielreizes beeinflusste dabei anders als in den anderen Experimenten nur die allgemeine Reaktionsgeschwindigkeit, aber nicht die Kongruenzunterschiede. Auf Ziffern-Zielreize wurde zwar schneller reagiert, die Effekte fanden sich aber für beide Formatarten. Auch formatinkonsistente Paare führten zu Priming-Effekten. Dies spricht für eine Spezifikation der Parameter auf der Ebene einzelner Zahlenwerte.

Da den Versuchspersonen die feste Verbindung zwischen einem Zahlenwert und dem dazugehörigen Format nicht mitgeteilt wurde, könnte man von der „unbewußten“ Aufnahme dieser Information in den Handlungsplan sprechen. Die Primes wurden (bis zu einem SOA von 56 ms) nicht bewußt gesehen – aber auch hier zeigten sich, wie in den anderen Experimenten, starke individuelle Unterschiede.

Was bedeuten die Ergebnisse für die Feinheit der Handlungsplaneinstellung? Bisher führte die Tatsache, daß innerhalb eines Blocks sowohl Ziffern als auch Zahlwörter gezeigt wurden, zu formatunabhängigen Priming-Effekten (Dehaene et al., 1998, oder Experiment 1). In diesem Fall schränkten die Versuchspersonen den Handlungsparameter „Format“ entweder auf „Zahlwort und Ziffer“ ein oder nahmen ihn überhaupt nicht in den Handlungsplan mit auf, da das Format keine zusätzlichen Informationen lieferte (siehe dazu auch Diskussion Experiment 1). Die hier gefunden Ergebnisse zeigten, daß aber auch bei Zahlenreizen, ebenso wie bei Damian (2001), eine Spezifikation auf der Ebene einzelner Reize, also einzelner Zahlenwerte, möglich war.

Dies ist insofern erstaunlich, da man bei Zahlen aufgrund ihrer besonderen Struktur (z.B. Restle, 1970) erwarten könnte, daß es ökonomischer sei, in einem Fall, in dem beide

Formate vorkommen, größere Antwortklassen zu bilden. Größere Antwortklassen wurden z.B. bei Naccache und Dehaene (2001a) gebildet. Bei ihnen kamen nicht alle Zahlenwerte als Zielreize vor, die nicht vorkommenden Zahlenwerte führten aber doch zu Priming-Effekten. In dem hier durchgeführten Experiment wurden hingegen die Eigenschaften jedes einzelnen Zahlenwerts aufgenommen und nur die diesen Eigenschaften entsprechenden Primes riefen Effekte hervor.

Der Grund für diese einzelne Aufnahme von Reizen (im Gegensatz zur der Alternative von Handlungsklassen) kann in der Zusatzinformation „Format“ gelegen haben. Durch die Aufnahme der Formatinformation in den Handlungsplan wurde die Anzahl aller möglichen Reize, die vorkommen konnten, um die Hälfte reduziert, kam ein Zahlenwert doch nur in einem spezifischen Format vor. Wurde in der Handlungsplanspezifikation wirklich nach ökonomischen Nutzen verfahren, scheint diese Vorgehensweise weniger aufwendig als eine Bildung von Oberklassen gewesen zu sein

In weiteren Experimenten müßte untersucht werden, wann die Spezifikation auf der Ebene einzelner Reize verlassen und zu einer Bildung größerer Antwortklassen übergegangen wird. Dies könnte z.B. dann der Fall sein, wenn für einen einzelnen Reiz zu viele Merkmale spezifiziert werden müßten.

Kann von einem Bewußtsein über die spezifizierten Merkmale ausgegangen werden? Nach Neumann (1989) spielt eine bewußte mentale Repräsentation bei der Handlungsplanung eine wesentliche Rolle, da ohne sie keine Handlungsplanung möglich ist. Erst danach sind unbewußte Effekte möglich. Ähnliche Vorstellungen formulierten auch Klinger und seine Kollegen (2000) in ihrem „response-competition“-Modell: „It is possible that unconscious activation of response tendency requires participants to be actively attending to the relevant dimension.“ (S. 453).

War den Versuchspersonen jedoch die feste Kopplung von Format und Zahlenwert bewußt? Die postexperimentelle Befragung ergab, daß zwei von sechs Versuchspersonen dies erkannten. Alle zeigten aber die Selektivität der Priming-Effekte. Hieraus zu schließen, daß ihnen das nicht bewußt geworden ist, wäre aufgrund der möglichen Fehlerquellen, die postexperimentellen Befragungen anhaftet, problematisch. Das bewußte Wahrnehmen müßte deshalb genauer in weiteren Experimenten untersucht werden (siehe dazu die allgemeinen Diskussion).

Allerdings stellen die Ergebnisse Neumanns (1989) Annahme einer abgeschlossenen Handlungsplanung vor Handlungsbeginn in Frage. Den Versuchspersonen wurde die

Verbindung von Format und Zahlenwert nicht mitgeteilt und dennoch beeinflusste sie die Priming-Effekte. Die Aufnahme dieses Merkmals in den Handlungsplan schien jedoch sehr schnell gegangen zu sein, wie eine nachträgliche Analyse der Reaktionszeit aus der ersten Sitzung zeigt. Es zeigte sich ein Anstieg der Reaktionszeiten über die drei Kongruenzbedingungen (identisch: 510 ms; kongruent: 533 ms und inkongruent: 548 ms), wenn der Prime auch als Zielreiz vorkam. Kam er hingegen nicht vor, dann fand kein nennenswerter Anstieg statt (identisch: 527 ms; kongruent: 536 ms und inkongruent: 537 ms)⁷. Ein fertiger Handlungsplan konnte also schnell den eingehenden Umweltinformationen angepaßt werden.

Dieses Experiment zeigte, daß der Handlungsplan sehr fein eingestellt werden kann, auch wenn es möglich wäre, größere Klassen zu bilden. Es fanden sich nur dann Priming-Effekte, wenn die Prime-Zahlenwerte in einem Format vorkamen, in dem sie auch im Zielreiz-Set vorkamen. Die Rolle des Formates scheint also eine gewisse Bedeutung zu haben. Wahrscheinlich hat sie eine unterstützende Funktion beim Erkennen und Verarbeiten von Reizen. Was passiert aber, wenn genau diese unterstützende Funktion ihr entzogen wird, also wenn Prime und Zielreiz immer formatinkonsistent sind? Dieser Frage wurde im nächsten Experiment nachgegangen.

⁷ Eine Analyse kleinerer Einheiten ist aufgrund einer zu geringen Datenanzahl nicht möglich.

10 Experiment 4

In den ersten drei Experimenten wurde gezeigt, daß die Information über die äußere Form eines Reizes in den Handlungsplan aufgenommen wurde und sich somit formatabhängige Priming-Effekte erzeugen ließen. Dies geschah sogar bis hin zu einer Spezifikation des Parameters „Format“ für einzelne Zahlenwerte. In den berichteten Experimenten lieferte die Formatinformation jedoch immer eine zusätzliche Information, die die Verarbeitung der einzelnen Reize erleichterten könnte.

Wie schon berichtet, schien die Formatinformation keinen Verarbeitungsnutzen zu liefern, wenn Zahlenwert und Format zufällig gekoppelt waren (Dehaene et al., 1998; oder Experiment 1, Sitzungen 5 und 6). Wie wird der Handlungsplan jedoch spezifiziert, wenn die Zahlenwerte wieder fest mit einem Format gekoppelt sind, wie in Experiment 3, jedoch die Primes dazu immer formatinkonsistent sind? Wird dann das Format nicht in den Handlungsplan aufgenommen, wie bei Dehaene und seinen Kollegen, oder finden sich keine Priming-Effekte mehr, da das spezifische Format aufgenommen wurde und die Primes deshalb nicht weiter verarbeitet werden?

Ziel dieser Untersuchung war, die Grenzen der Spezifikation des Formates herauszufinden, um so Rückschlüsse auf die Art und Weise der Handlungsplanung ziehen zu können. Die Versuchspersonen sahen deshalb in der Hälfte der Sitzungen Reizpaare, in denen identische Zahlenwerte bei Prime und Zielreiz immer formatinkonsistent waren, bei einer festen Kopplung Zahlenwert und Format. In der anderen Hälfte der Sitzungen waren die Formate bei identischen Zahlenwerte immer formatkonsistent.

10.1 Material und Methode

Versuchspersonen. An dem Experiment nahmen 12 Psychologiestudierende der TU Braunschweig (9 Frauen, 3 Männer) teil. Sie waren zwischen 19 und 45 Jahren alt ($M = 26,67$ Jahre; $SD = 8,72$ Jahre). Alle hatten eine normale oder korrigierte Sehfähigkeit. Die Versuchspersonen wurden zufällig in zwei Gruppen aufgeteilt (Gruppe I: $M = 28$ Jahre; $SD = 8,39$ Jahre; Gruppe II: $M = 25,33$ Jahre; $SD = 8,84$ Jahre). Allen Versuchspersonen wurde die Teilnahme mit Versuchspersonenstunden vergütet.

Durchführung und Material. Folgende Punkte unterschieden sich in diesem Experiment zu den vorherigen Experimenten: Jede Versuchsperson nahm an 6 Sitzungen zu 12 Blöcken mit jeweils 72 Durchgängen und 3 Aufwärmdurchgängen teil (5 Priming-

Sitzungen und 1 Identifikationssitzung). Für jede Versuchsperson gab es 4320 auswertbare Priming-Durchgänge und 864 auswertbare Identifikations-Durchgänge.

Wie schon erwähnt, gab es zwei Versuchspersonengruppen. Gruppe I begann mit den „formatinkonsistenten“ Sitzungen, Gruppe II mit den „formatkonsistenten“ Sitzungen⁸. Nach der dritten Sitzung wurde für zwei weitere Sitzungen in die jeweils andere Bedingung gewechselt, ohne daß dies den Versuchspersonen mitgeteilt wurde. In der letzten Sitzung fand das Identifikationsexperiment statt.

Wie in Experiment 3 war der Zahlenwert der Zielzahlen fest mit einem bestimmten Format verbunden. Die genaue Zuordnung, die von der in Experiment 3 etwas abweicht, ist in Tabelle 3 wiedergegeben. Die Formate der äquivalenten Primezahlenwerte wurden durch die jeweilige Sitzungsart bestimmt. Die Versuchspersonen wurde über diese Besonderheiten nicht informiert.

Versuchsplan. Es wurden folgende unabhängige Variablen innerhalb der Versuchspersonen variiert: Das **SOA** (42, 56, 70 ms)⁹, die **Kongruenzverhältnisse** zwischen Prime und Zielreiz (identisch, kongruent und inkongruent), das **Primeformat** (Zahlwort oder Ziffer), das **Zielreizformat** (Zahlwort oder Ziffer) und die **Formatkonsistenz** zwischen Prime und Zielreiz (formatkonsistente vs. formatinkonsistente Paare). Zwischen den Versuchspersonen wurde die **Gruppenzugehörigkeit** variiert (Gruppe I: mit den formatinkonsistenten Sitzungen begonnen vs. Gruppe II: mit den formatkonsistenten Sitzungen begonnen).

Tabelle 3: Formate der Zahlenwerte der Zielreize und Primes in Experiment 4

| Sitzungsart | Reize | Formate |
|-------------------------------|----------|--|
| formatinkonsistente Sitzungen | Zielreiz | 1111, ZWEI, DREI, 4444, SECHS, 7777, 8888, NEUN |
| | Prime | EINS, 2222, 3333, VIER, 6666, SIEBEN, ACHT, 9999 |
| formatkonsistente Sitzungen | Zielreiz | 1111, ZWEI, DREI, 4444, SECHS, 7777, 8888, NEUN |
| | Prime | 1111, ZWEI, DREI, 4444, SECHS, 7777, 8888, NEUN |

⁸ Anmerkung zur Benennung: Im Prinzip ist der Ausdruck „formatinkonsistente“ bzw. „formatkonsistente“ Sitzung ungenau, gibt es doch in allen Sitzungen für kongruente und inkongruente Reizpaare beide Formatkonsistenzarten. Der präzisere Ausdruck „Primes, die in einem Format vorkommen, in dem sie nicht als Zielreiz vorkommen“ (vgl. Experiment 3) ist jedoch sehr lang und umständlich, weshalb auf die ungenauere Bezeichnung zurückgegriffen wird. Die Leserin und der Leser mögen dies bitte berücksichtigen.

⁹ Auf das SOA mit 28 ms wurde in diesem Experiment verzichtet, um etwas weniger Bedingungen zu erhalten. So konnte die Blocklänge reduziert werden und es mußten nicht mehr Stunden von den Versuchspersonen absolviert werden. Es wurde auf das kürzeste SOA verzichtet, da hierbei die Effekte in den letzten Experimenten nicht so deutlich ausgeprägt waren.

10.2 Ergebnisse

Ziel der Untersuchung war, die Grenzen der Formatspezifikation herauszufinden. Wird das Format in den Handlungsplan aufgenommen, wenn die Information über das Format keinen Nutzen mehr bringt, sondern eher hinderlich ist? Dazu wurden die formatkonsistenten und –inkonsistenten Sitzungen getrennt ausgewertet, wobei zuerst die Ergebnisse aus den formatinkonsistenten Sitzungen berichtet werden. Nach der Darstellung der formatkonsistenten Sitzungen werden noch kurz die Identifikationsdaten erläutert.

10.2.1 Reaktionszeiten der formatinkonsistenten Sitzungen

Wurde die Formatinformation für die einzelnen Zahlenwerte in den Handlungsplan aufgenommen, sollten sich die Reaktionszeit und Fehlerhäufigkeiten in den drei Kongruenzbedingungen nicht unterscheiden, da die Primes immer ein anderes Format hatten. Dies sollte vor allem für Reizpaare mit Zahlwort-Primes gelten. Ob es bei Ziffern-Primes zu Unterschieden kommen würde, konnte nicht eindeutig vorhergesagt werden. In den ersten beiden Experimenten fand sich eine Asymmetrie in der Verarbeitung zwischen Zahlwort- und Ziffernformat. Im letzten Experiment wurde diese allerdings nicht gefunden.

Betrachtet man zuerst nur die formatinkonsistenten Reizpaare in diesen Sitzungen, zeigte sich ein Kongruenzeffekt, der, in Abbildung 28 dargestellt, durch das Primeformat beeinflusst wurde, $[F(2;20) = 13,23; p = ,00]$ ¹⁰. Handelte es sich um Ziffern-Primes, reagierten die Versuchspersonen bei inkongruenten Reizpaaren um ca. 42 ms langsamer als bei identischen bzw. ca. 30 ms langsamer als bei kongruenten Paaren. Zahlenwerte als Ziffer-Primes hatten also auch dann einen Einfluß, wenn sie in diesem Format gezeigt wurden, in dem sie nicht als Zielreiz vorkamen. Für Zahlwort-Primes sah es jedoch anders aus. Hier fanden sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den inkongruenten Reizpaaren und den identischen bzw. kongruenten. Die Unterschiede betrugen nie mehr als 4 ms.

Dabei hatte die Gruppenzugehörigkeit keinen signifikanten Einfluß auf die Interaktion zwischen Kongruenz und Primeformat, $[F(2;20) = 2,84; p = ,082]$. Zwar reagierten die Versuchspersonen der Gruppe I im Durchschnitt ca. 25 ms langsamer als die Versuchspersonen aus Gruppe II, beide zeigten aber das gleiche Muster in den Reaktionszeitunter-

¹⁰ Eine vollständige Darstellung der Ergebnisse findet sich in Anhang D.

schieden. Ziffern-Primes führten in beiden Gruppen zu Priming-Effekten, während Zahlwort-Primes dies nicht taten.

Unabhängig davon, mit welcher Art von Sitzung begonnen wurde, stellte sich also bei allen Versuchspersonen der Handlungsplan so ein, daß nur Primes, die im Ziffernformat gezeigt wurden, zu Veränderungen in der Reaktionszeit führten, Zahlwort-Primes hingegen keinen Einfluß hatten. Diese asymmetrische Behandlung der beiden Formate fand sich auch in den ersten beiden Experimenten, jedoch nicht in Experiment 3.

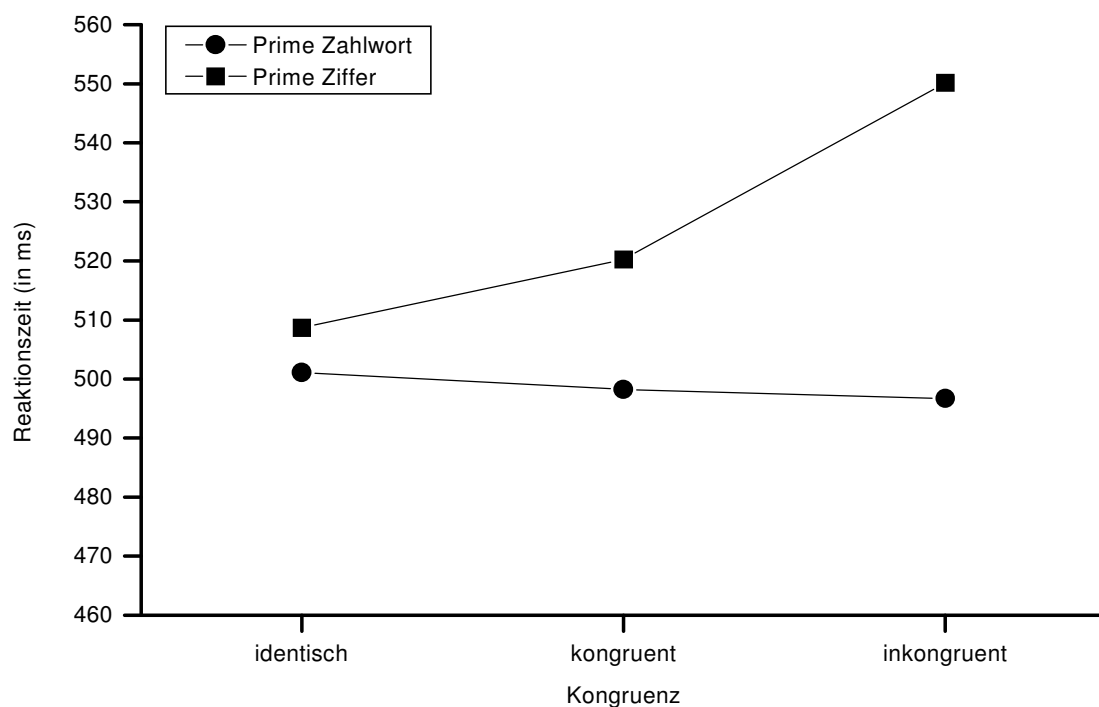


Abbildung 28: Interaktion in den Reaktionszeiten (in ms) zwischen Primeformat und Kongruenz in den formatinkonsistenten Sitzungen (nur formatinkonsistente Reizpaare)

Was passiert jedoch, wenn man für die kongruenten und inkongruenten Reizpaare die formatkonsistenten Versuchsdurchgänge in die Analyse einbezieht? Auch hier sollte sich der unterschiedliche Einfluß von Zahlwörtern und Ziffern auf die unterschiedlichen Kongruenzbedingungen zwischen den beiden Formaten zeigen. Ein einmal aus dem Handlungsplan „ausgeschlossenes“ Zahlwortformat sollte bei formatkonsistenten Zahlwort-Zahlwort-Paaren keinen Einfluß haben. Auch in diesem Fall wurden die Kongruenzunterschiede signifikant nur durch das Primeformat, [$F(1;10) = 29,07$; $p = ,00$], aber nicht durch das Zielreizformat beeinflusst, [$F(1;10) = ,71$; $p = ,42$]. Zahlwort-Primes führten zu keinen Priming-Effekten (Abbildung 29), während dies für Ziffern-Primes der Fall war.

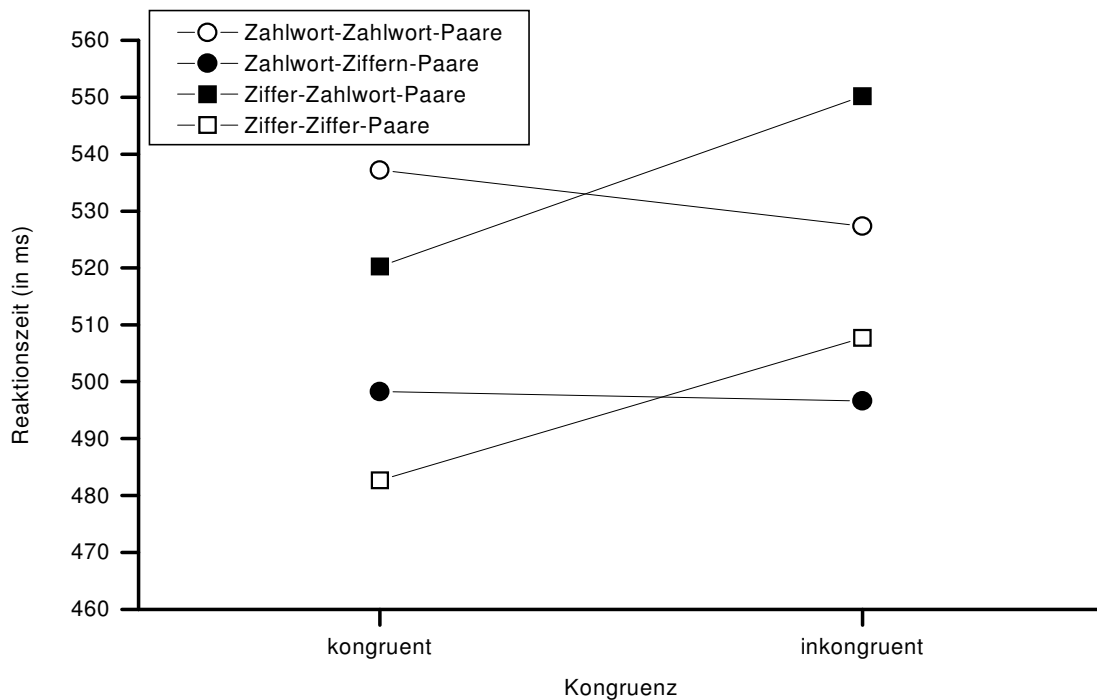


Abbildung 29: (nicht signifikante) Interaktion in den Reaktionszeiten (in ms) zwischen Primeformat, Zielreizformat und Kongruenz für die formatinkonsistenten Sitzungen (formatkonsistente und -inkonsistente Reizpaare)

Waren die Zahlenwerte der Zielreize mit festen Formaten gekoppelt und wurden die Primes immer in einem formatinkonsistenten Reizformat gezeigt, wurden nur Primezahlen, die als Ziffer gezeigt wurden, obwohl sie in diesem Format nicht als Zielreiz vorkamen, verarbeitet. Primezahlen im Zahlwortformat führten zu keinen Reaktionszeitunterschieden über die Kongruenzverhältnisse hinweg.

10.2.2 Priming-Funktionen in den formatinkonsistenten Sitzungen

Sowohl für die alleinige Analyse der formatinkonsistenten Reizpaare als auch unter der Einbeziehung der formatkonsistenten fand sich kein signifikanter Einfluß des SOA auf die Interaktion zwischen dem Primeformat und den Kongruenzverhältnissen, [$F(3,18; 31,79) = 1,06$; $p = ,38$; $F(1,84;18,38) = ,08$; $p = ,91$]. Es gab keine signifikanten Zunahmen der Kongruenzunterschiede mit zunehmenden SOA, wie es normalerweise erwartet wird.

In Abbildung 30 sind zur Verdeutlichung für eine deskriptive Beschreibung die Priming-Funktionen aus den formatinkonsistenten Durchgängen dargestellt. Wie dort zu erkennen ist, stiegen die Priming-Funktionen bei Ziffern-Primes, obwohl die betreffende Interaktion nicht signifikant wurde. Es fand sich durchaus eine positive Differenz zwischen den

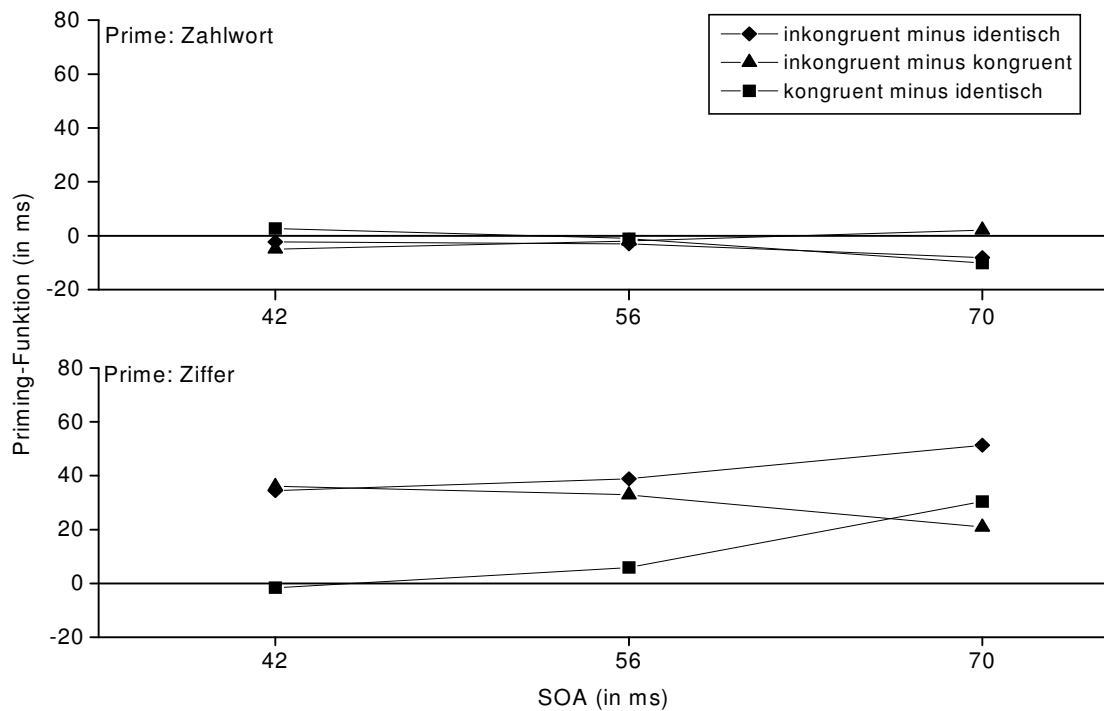


Abbildung 30: Priming-Funktionen für die formatinkonsistenten Reizpaare aus den formatinkonsistenten Sitzungen in Abhängigkeit des Primeformats

inkongruenten und identischen bzw. den inkongruenten und kongruenten Paaren, die jedoch mit steigendem SOA nur um 20 bis 30 ms zunahm. Dies war wesentlich geringer als in den anderen Experimenten. Zahlwort-Primes hatten jedoch über den gesamten SOA-Verlauf keinen Einfluß. Die Priming-Funktionen bewegten sich um einen Wert von 0 herum (siehe Abbildung 30 oben), d.h. auch bei längeren SOAs gewannen Zahlwort-Primes keinen Einfluß.

Für die Untersuchung der formatkonsistenten und -inkonsistenten Versuchsdurchgänge gab es ebenfalls keine signifikanten Veränderungen über den SOA-Verlauf, die Trends gingen aber in die eben beschriebene Richtung. Für die Zahlwort-Zahlwort-Paare und die Zahlwort-Ziffer-Paare fanden sich keine positiven Priming-Effekte, für Ziffer-Zahlwort- und Ziffer-Ziffer-Paare hingegen schon (Abbildung 31).

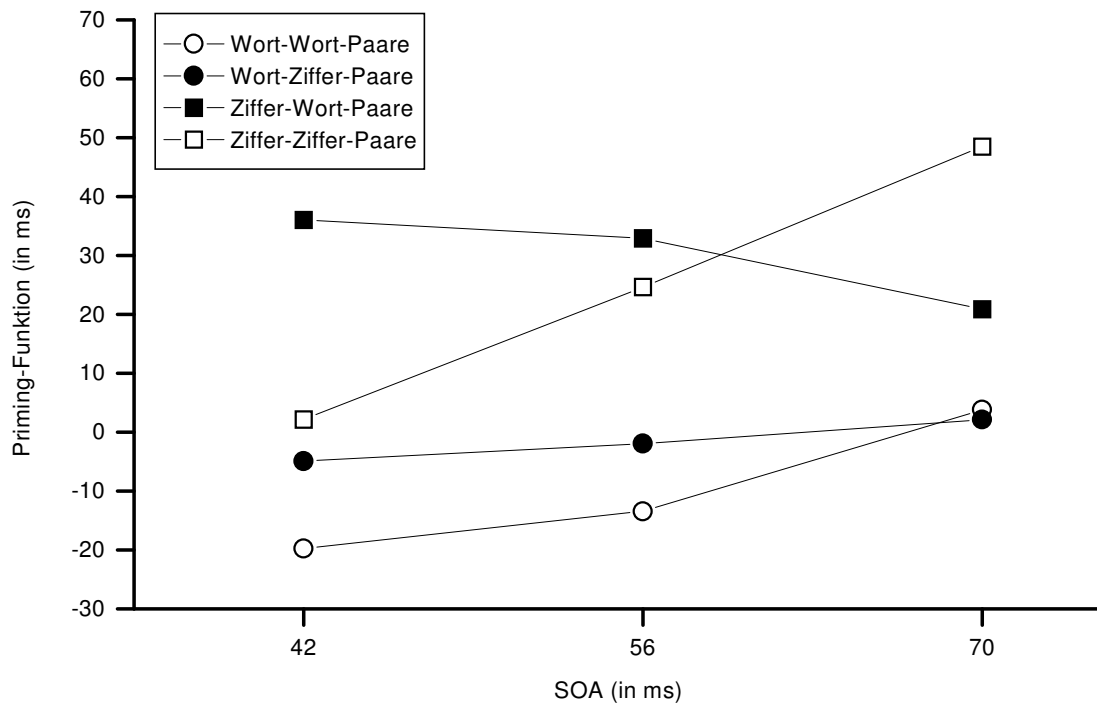


Abbildung 31: Priming-Funktionen für die formatkonsistenten und formatinkonsistenten Reizpaare in den formatinkonsistenten Sitzungen

10.2.3 Fehlerhäufigkeiten in den formatinkonsistenten Sitzungen

Auch bei den Fehlern waren die Kongruenzeffekte von dem jeweiligen Primeformat abhängig, wenn man die formatinkonsistenten Versuchsdurchgänge betrachtet, [$F(2;20) = 9,46$; $p = ,001$]. Handelte es sich um einen Prime im Ziffernformat, wurden in der inkongruenten Bedingung mehr Fehler gemacht (9,9%) als in der identischen (5%) oder der kongruenten Bedingung (6,1%). Die Fehlerhäufigkeiten bei den Zahlwort-Primes betrug in der identischen Bedingung 4,5% und in der inkongruenten 4,7%. Die Effekte stimmten also mit den Reaktionszeitunterschieden überein. Es gab jedoch zwei Abweichungen bei den Fehlerhäufigkeiten.

Die beiden Gruppen unterschieden sich in der Ausprägung dieser Interaktion signifikant, [$F(2;20) = 5,82$; $p = ,01$]. Wie in Abbildung 32 zu sehen ist, wirkten aber bei beiden die Zahlwort-Primes nicht, während dies die Ziffern-Primes taten. Während es in der Gruppe II die eben beschriebenen Unterschiede in den Fehlerhäufigkeiten je nach Primeformat gab, unterschieden sich die Fehlerhäufigkeiten in der Gruppe I für die identischen und kongruenten Reizpaare kaum zwischen Zahlwort- und Ziffer-Primes. Ein Unterschied trat erst bei den inkongruenten Paaren auf. Hier stieg die Fehlerhäufigkeit für Ziffer-Primes auf 8,1% an, während sie für Zahlwort-Primes auf dem Niveau von ca. 2% blieb. In beiden Gruppen fand sich also je nach Primeformat ein Unterschied.

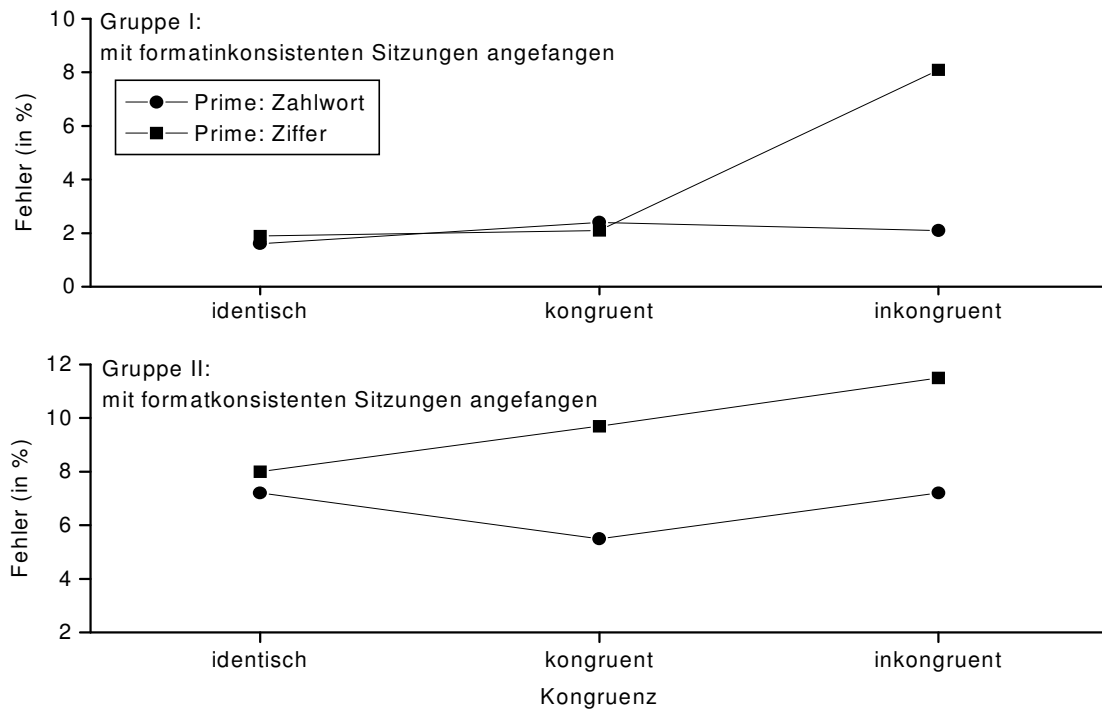


Abbildung 32: Interaktion in den Fehlerhäufigkeiten (in Prozent) zwischen Kongruenz, Primeformat und Gruppenzugehörigkeit in den formatinkonsistenten Sitzungen (nur formatinkonsistente Reizpaare)

Nach einer zusätzlichen Betrachtung der formatkonsistenten Versuchsdurchgänge mußte das Bild etwas differenziert werden. Hier wurden die Kongruenzeffekte sowohl durch das Format des Primes als auch des Zielreizes moduliert, [$F(1;10) = 5,53$; $p = ,04$]. Bei Zahlwort-Zahlwort-Paaren wurden in der kongruenten Bedingung fast 3% mehr Fehler gemacht als in der inkongruenten Bedingung, die Effekte waren also umgekehrt als normalerweise (siehe Abbildung 33). Bei Zahlwort-Ziffer-Paaren betrug der Unterschied zwischen beiden Kongruenzbedingungen nur 1%. Anders bei den Ziffern-Primes: Bei Ziffer-Zahlwort-Paaren wurden in der inkongruenten Bedingung fast 4% mehr Fehler gemacht. Bei Ziffer-Ziffer-Paaren fanden sich nur minimale Unterschiede. Sowohl das Zielreizformat als auch das Primeformat waren also für die Höhe der Fehlerhäufigkeiten verantwortlich. Für die formatinkonsistenten Reizpaare wurde also das Bild aus den absoluten Reaktionszeiten wiederholt, während es für die formatkonsistenten Paare uneinheitlich war.

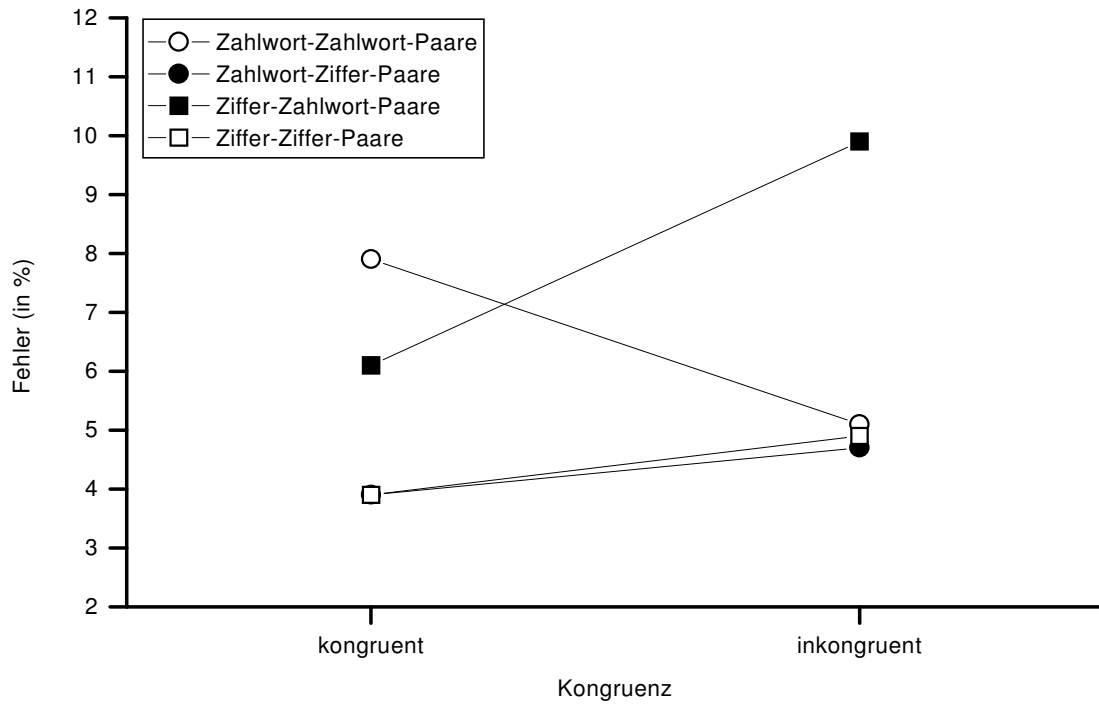


Abbildung 33: Interaktion in den Fehlerhäufigkeiten (in Prozent) zwischen Kongruenz, Primeformat und Zielreizformat für die formatinkonsistenten Sitzungen (formatkonsistente und inkonsistente Reizpaare)

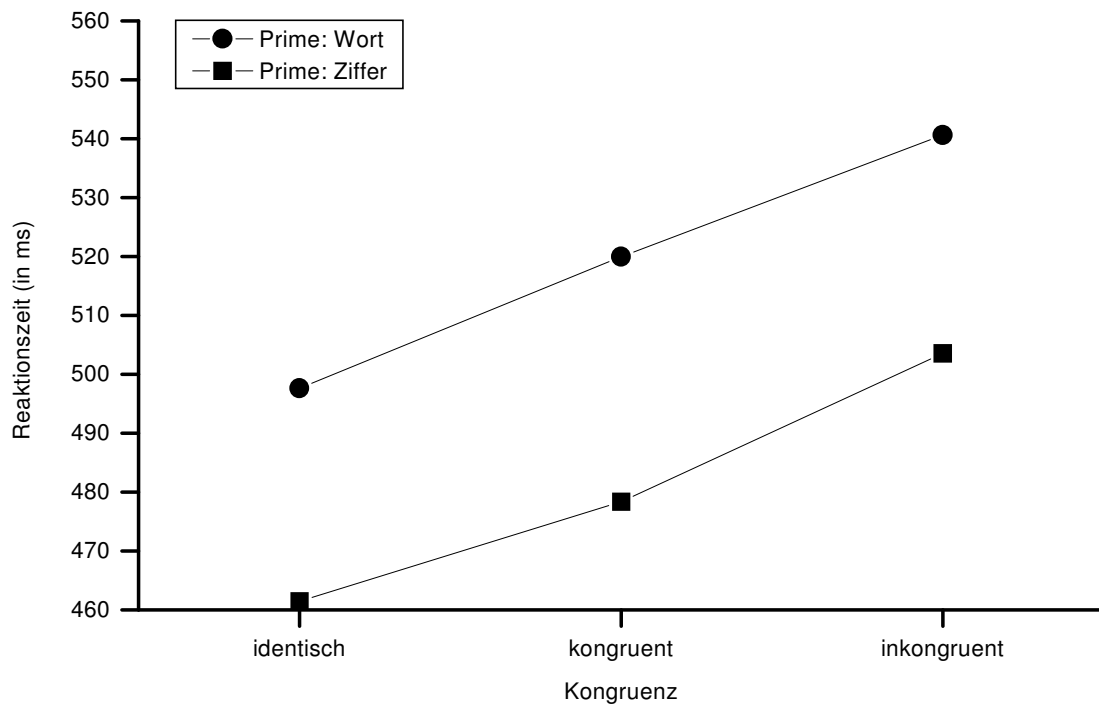


Abbildung 34: (nicht signifikante) Interaktion der Reaktionszeiten (in ms) zwischen Kongruenz und Primeformat in den formatkonsistenten Reizpaaren der formatkonsistenten Sitzungen

10.2.4 Reaktionszeiten der formatkonsistenten Sitzungen

Für die formatkonsistenten Sitzungen wurde erwartet, daß das Primeformat nicht die Kongruenzeffekte beeinflusste, wie eine alleinige Betrachtung der formatkonsistenten Versuchsdurchgänge bestätigte. In den identischen und kongruenten Versuchsdurchgängen wurde mit 479 bzw. 499 ms jeweils signifikant schneller reagiert als in den inkongruenten Durchgängen mit 522 ms, $[F(1,75;17,53) = 31,56; p = ,00]$. Dies wurde nicht durch das Primeformat beeinflusst, $[F(2;20) = ,79, p = ,47]$.

In Abbildung 34 sind die drei Kongruenzverhältnisse für beide Primeformate dargestellt. Deutlich sieht man, daß zwar auf die Reizpaare mit Zahlwort-Primes über alle drei Kongruenzverhältnisse hinweg um knapp 40 ms langsamer reagiert wurde als auf Reizpaare mit einem Ziffer-Prime, es aber bei beiden Primeformaten Unterschiede zwischen den inkongruenten, kongruenten und identischen Reizpaaren gab. Die Reaktionszeiten bei identischen Reizpaaren war um ca. 40 ms geringer als bei inkongruenten Paaren. Der Unterschied zwischen kongruenten und inkongruenten Paaren betrug ca. 20 ms. Das Format des Primes hatte also nur einen Einfluß auf die allgemeine Reaktionsgeschwindigkeit, beeinflusste aber nicht die Unterschiede in den drei Kongruenzverhältnissen, wie es bei den formatinkonsistenten Sitzungen der Fall war.

Dieses Bild wurde auch bei der Einbeziehung der formatinkonsistenten Reizpaare nicht verändert. Auch hierbei wurde die Interaktion zwischen Kongruenz und Primeformat nicht signifikant, $[F(1;10) = 3,34; p = ,09]$ – im Gegensatz zu den formatinkonsistenten Sitzungen, ebenso wenig wie die Interaktion zwischen Kongruenz, Primeformat und Zielreizformat, $[F(1;10) = ,31; p = ,59]$.

In den formatkonsistenten Sitzungen galt sowohl für die formatkonsistenten als auch formatinkonsistenten Reizpaare, daß die Reaktionsunterschiede in den Kongruenzverhältnissen unabhängig vom Format des Primes oder des Zielreizes waren. Beide Primeformat wurden also mitverarbeitet und konnten zu Priming-Effekten führen, kamen die Zahlenwerte doch immer in einem Format vor, in dem sie auch als Zielreize vorkamen.

10.2.5 Priming-Funktionen für die formatkonsistenten Sitzungen

Es fanden sich signifikante Interaktionen zwischen der Kongruenz und den SOAs, [$F(3,29;32,85) = 12,77$; $p = ,00$]. Dies bedeutet, daß außer der Zunahme der Netto-Effekte mit zunehmendem SOA keine weiteren Variablen diese Interaktion beeinflussen, sich also „ganz normale“ Priming-Funktionen fanden. Diese sind in Abbildung 35 für die formatkonsistenten Versuchsdurchgänge dargestellt. Es ist zu erkennen, daß die Differenz zwischen inkongruenten und identischen Reizpaaren mit zunehmendem SOA bis auf fast 60 ms anstieg. Auch die Differenz zwischen kongruenten und inkongruenten sowie kongruenten und identischen nahm über den SOA-Verlauf, wenn auch nicht bis auf 60 ms, zu.

Auch die Priming-Funktionen für die formatkonsistenten und -inkonsistenten Versuchsdurchgänge stiegen mit zunehmenden SOA an. Die Kongruenzunterschiede wurden über den SOA-Verlauf signifikant größer, [$F(2;20) = 27,64$; $p = ,00$]. Sie waren jedoch nicht vom jeweiligen Primeformat abhängig, [$F(2;20) = ,266$; $p = ,769$]. Es galt also auch für die Priming-Funktion, daß nur die jeweiligen Kongruenzunterschiede einen Einfluß auf Reaktionszeiten hatten, aber nicht die Primeformate.

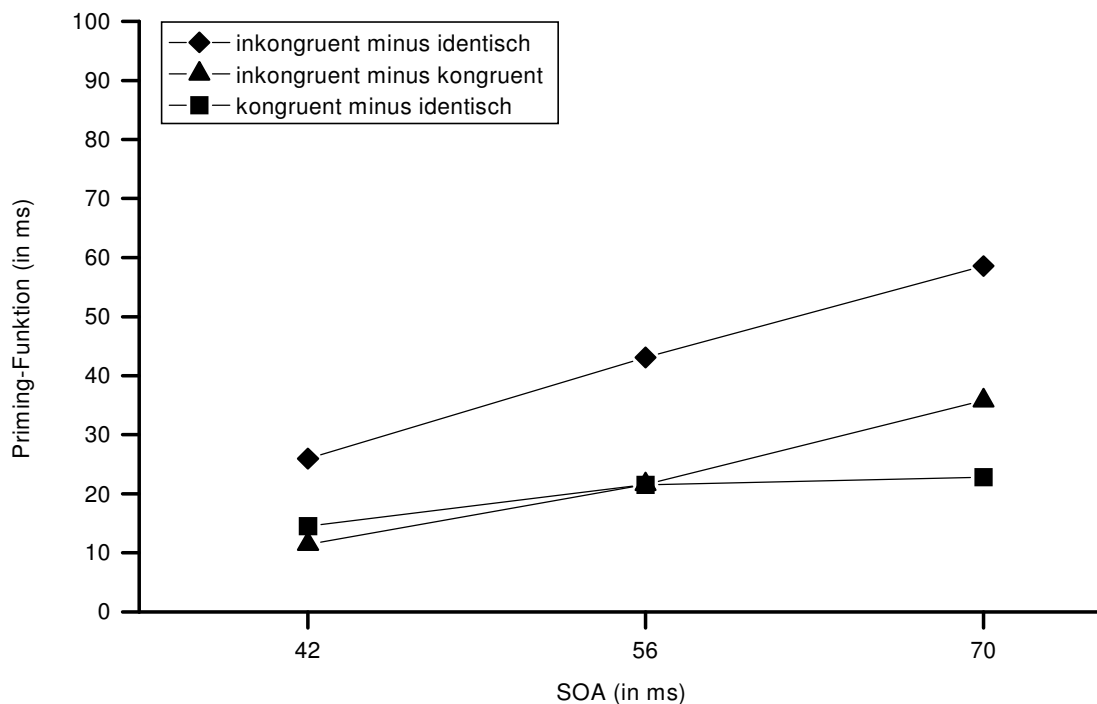


Abbildung 35: Priming-Funktionen für die formatkonsistenten Reizpaare der formatkonsistenten Sitzungen

10.2.6 Fehlerhäufigkeiten der formatkonsistenten Sitzungen

Auch in den Fehlerhäufigkeiten fand sich kein Einfluß des Primeformates auf die Kongruenzbedingungen, weder bei einer alleinigen Betrachtung der formatkonsistenten Versuchsdurchgänge, [$F(1,92;19,17) = 3,23$; $p = ,06$] noch bei der Einbeziehung der formatinkonsistenten Durchgänge, [$F(1;10) = 3,12$; $p = ,59$]. Da sich keine Unterschiede zu den schon analysierten Daten zeigten, erfolgt hier auch keine weitere Besprechung dieser Effekte.

10.2.7 Ergebnisse des Identifikationsexperimentes

Für die Sichtbarkeit des Primes wurden Maskierungsfunktionen erstellt. Dabei zeigten sich für die beiden SOAs von 42 und 56 ms signifikante Abweichungen von 0 sowie eine signifikante Zunahme der Unterschiede zwischen den beiden Primeformaten, [$F(1;10) = 6,32$, $p = ,007$]. In Abbildung 36 ist zu sehen, daß die Ziffern-Primes besser als Zahlwörter erkannt wurden.

Die gute Sichtbarkeit der Primes war auch hier wieder auf große individuelle Unterschiede zurückzuführen. Es gab drei Versuchspersonen, deren Werte ab dem SOA 56 über 1 lagen. Die Werte der anderen waren wesentlich geringer, teilweise fand sich sogar eine Typ-B-Maskierung (siehe Abbildung 37).

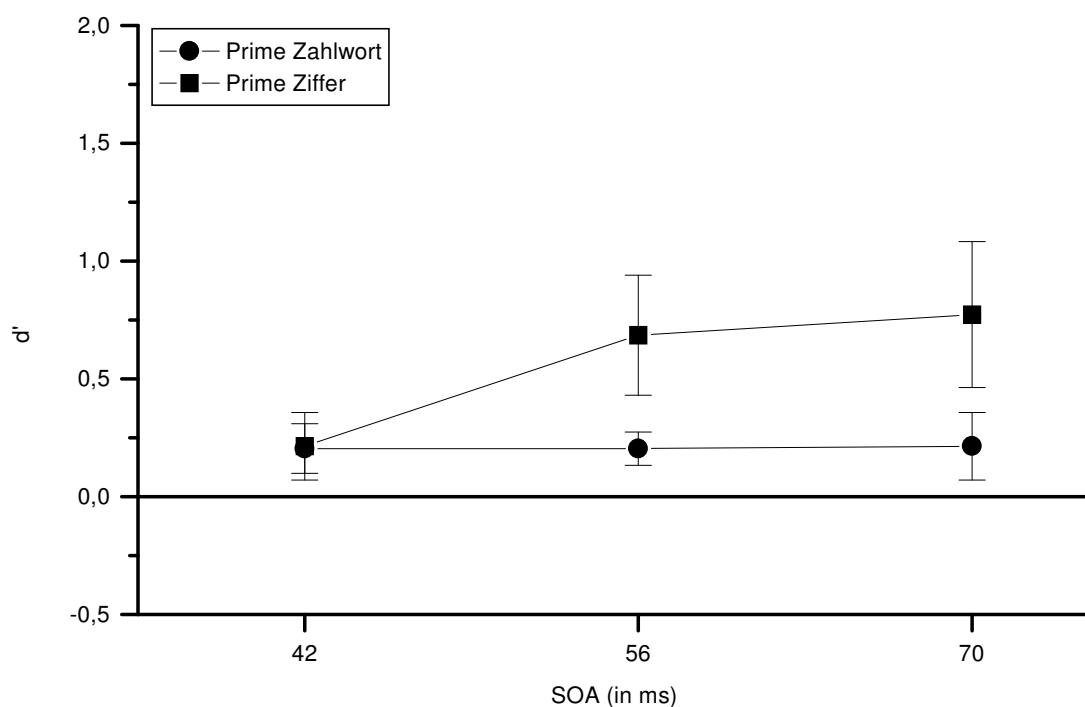


Abbildung 36: Maskierungsfunktionen für die beiden Primeformate

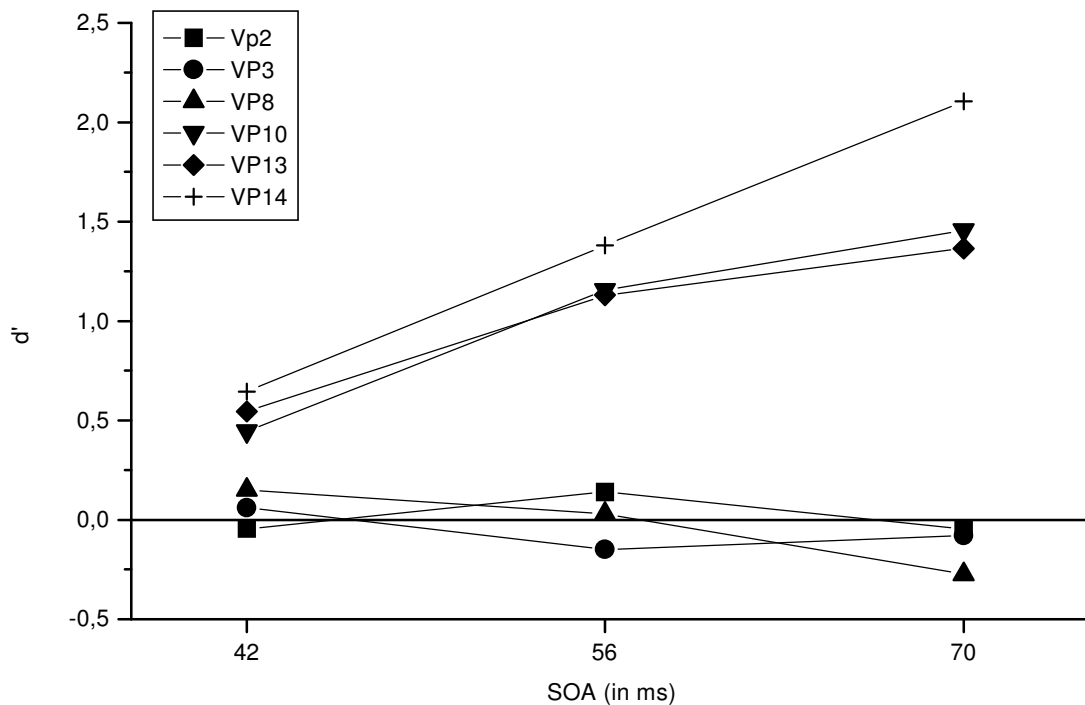


Abbildung 37: Auswahl der Maskierungsfunktionen der drei „besten“ und „schlechtesten“ Versuchspersonen

10.3 Diskussion

Mit diesem Experiment sollten die Grenzen der Handlungsplanspezifikation untersucht werden, also unter welchen Bedingungen ein Merkmal nicht mehr in den Handlungsplan aufgenommen wurde. Deshalb war in der Hälfte der Sitzungen der Prime immer formatinkonsistent. In diesen Sitzungen führten Zahlenwerte, die als Zahlwort-Primes gezeigt wurden (und in diesem Format nicht als Zielreiz vorkamen), nicht zu Priming-Effekten, während das Nicht-Vorkommen als Zielreiz auf die Ziffern-Primes keinen Einfluß ausübte. In den formatkonsistenten Sitzungen ergaben sich jedoch auch für Zahlwörter die erwarteten Priming-Effekte. Erwartet wurde eigentlich, daß weder Ziffern- noch Zahlwort-Primes zu Kongruenzunterschieden führen in den formatinkonsistenten Sitzungen. Warum wurde diese Erwartung nicht eindeutig bestätigt? Und was bedeutet dies für die Rolle des Parameters „Format“ in der Handlungsplanung?

Zur Erklärung der formatunabhängigen Effekte, wie sie in den Sitzungen 5 und 6 des ersten Experimentes oder bei Dehaene et al. (1998) gefunden wurden, wurde angenommen, daß das Format, solange es keine Zusatzinformation liefert, nicht in den Handlungsplan aufgenommen wird (bzw. als Format mit den beiden Ausprägungen Ziffer und Zahlwort.) In den formatinkonsistenten Sitzungen dieses Experimentes behinderte das

Format eine mögliche Primeverarbeitung und trotzdem wurde die Spezifikation im Handlungsplan bei den Zahlenwerten, die im Zielreiz-Set als Ziffern vorkamen, auf dieses Format eingeschränkt. Bei den Zahlenwerten, die als Zahlwörter vorkamen, fand sich diese Einschränkung nicht.

Für Zahlwort-Primes wurden also die Erwartungen bestätigt, für Ziffern jedoch nicht. Die Zahlenwerte, die als Zahlwort-Primes gezeigt wurden, kamen in diesem Format nicht als Zielreiz vor und konnten deshalb auch zu keinen Priming-Effekten führen. Warum geschah dies aber nicht auch für Ziffern-Primes? Gründe für diese asymmetrische Verarbeitung von Zahlwörtern und Ziffern wurden schon diskutiert und zeigten sich in den ersten beiden Experimenten. Allerdings hatte im dritten Experiment, in dem es auch eine feste Kopplung von Zahlenwert und Format gab wie hier, nicht das Format die ausschlaggebende Rolle. Vielmehr war es wichtig, ob die Primezahl in einem Format gezeigt wurde, in dem sie auch als Zielreiz vorkam. Dieses Ergebnisse stehen im Widerspruch zu den hier gefundenen.

Warum führte die Kopplung von Format und Zahlenwert in Experiment 4 nicht zu den gleichen Effekten? Dies könnte an der permanenten Formatinkonsistenz derselben Zahlenwerte liegen. Die Formatinformation wirkte eigentlich störend, wurde aber aufgrund der festen Kopplung doch mit aufgenommen. Da dadurch aber kein Nutzen entsteht, könnte es sein, daß man sich zumindestens auf die Ziffern konzentriert.

Was bedeutet dies für die Rolle des Formates? Dies ist ein Hinweis darauf, daß Merkmale eines Zahlenwertes nur dann in den Handlungsplan aufgenommen wurden, wenn sie im Zielreiz-Set zu sehen und wahrzunehmen sind. Die Information, daß die Primes immer formatinkonsistent waren, konnte aufgrund der Maskierung nicht wahrgenommen und in den Handlungsplan übernommen werden. Im Rahmen des Experimentes 3 wurde dieses schon diskutiert. Aufgrund der dort erhaltenen Ergebnisse konnte jedoch keine endgültige Antwort getroffen werden. Hier zeigte sich aber auch, daß die Versuchspersonen die ständige Formatinkonsistenz (wenigstens für Zahlwörter) nicht in den Handlungsplan aufnahmen. Ein Grund hierfür könnte genau der sein, daß sie die Primes nicht bewußt sahen und deshalb zwar die Formatinformation der Zielreize im Handlungsplan hatten, aber nicht die der Primes (wie auch schon in den anderen Experimenten). Das Ergebnis unterstützt auch die von Damian (2001) vertretende These, daß Primes nur dann wirken können, wenn sie im Zielreiz-Set vorkommen (und dadurch natürlich in den

Handlungsplan aufgenommen werden). Wobei dies natürlich nur für Ziffern und nicht für Zahlwörter gilt.

Allerdings zeigten sich in den Fehlerhäufigkeiten einige Abweichungen von den Unterschieden in den übrigen Ergebnissen. In den formatinkonsistenten Sitzungen wurden für die formatkonsistenten als auch die -inkonsistenten Paare die Kongruenzunterschiede sowohl durch das Primeformat als auch das Zielreizformat beeinflusst. Hier führten Ziffern-Primes bei Ziffern-Zielreizen nur zu sehr geringen Kongruenzunterschieden, während dieselben Ziffern-Primes Unterschiede bei Zahlwort-Zielreizen hervorriefen. Es muß dabei beachtet werden, daß im letztern Fall die Ziffern-Primes und die Zahlwort-Zielreize die gleichen Zahlenwerte hatten, dies also den Effekt ausgelöst haben könnte. Dies könnte auf eine Verarbeitung ohne Beachtung des Formates hindeuten. Für eine aussagekräftige Interpretation müßte versucht werden, diesen Effekt zu replizieren.

Anscheinend behielt das Format seine Funktion als zusätzlicher Informationsgeber im Handlungsplan bei, auch wenn die Primes diesem nicht entsprachen. Wie schon diskutiert wurde, waren die Ergebnisse jedoch nicht so eindeutig und müßten durch weitere Replikationen und Experimente vertieft werden.

Wie verhielten sich die Effekte in den formatkonsistenten und -inkonsistenten Sitzungen? In den formatkonsistenten Sitzungen fanden sich die üblichen Priming-Effekte, es spielte dabei keine Rolle, ob die Versuchspersonen mit dieser Sitzungsart angefangen hatten oder nicht. Da in beiden Sitzungsarten das gleiche Zielreiz-Set gezeigt wurde, kann davon ausgegangen werden, daß immer der gleiche Handlungsplan verwendet wurde, wechselte doch die Umweltinformation nicht. Dieser ermöglichte in den formatkonsistenten Sitzungen jedoch Priming-Effekte, da die Primes in dem Format gezeigt wurden, in dem sie auch als Zielreiz vorkamen, und verhinderte z.T. die Priming-Effekte in den formatinkonsistenten Sitzungen, hatten die Primes dort doch ein anderes Format.

Kann auch in diesem Experiment von nicht wahrgenommenen Primes ausgegangen werden? Die d' -Werte in diesem Experiment waren wesentlich größer als in den anderen Experimenten und wichen deshalb signifikant von 0 ab, woraus man schließen könnte, daß die Primes sichtbar waren. Aber auch hier zeigte eine Analyse der individuellen Daten, daß diese Unterschiede auf die Werte von drei Versuchspersonen zurückzuführen sind. Da alle Versuchspersonen jedoch vergleichbare Priming-Effekte und vor allem auch die Selektivität in diesen zeigten, kann man auch hier wieder auf eine Dissoziation im

Sinne Vorbergs et al. (in Druck) schließen. Die gefundenen Priming-Effekte lassen sich jedenfalls nicht mit einer möglichen Prime-Sichtbarkeit erklären.

Das Format (und seine Kopplung mit bestimmten Merkmalen) wurde in den Handlungsplan aufgenommen. Allerdings schien die Aufnahme nicht immer eindeutig zu sein, wie die Ergebnisse dieses Experimentes zeigen. Was darauf hinweist, daß das Format zwar eine wichtige, aber nur unter bestimmten Umständen entscheidende Rolle spielt. Natürlich spielen die Aufgabenmerkmale (wie z.B. die Parität der Zahlenwerte) eine bedeutende Rolle. Wie ist es nun mit dem Verhältnis zwischen Aufgaben- und Formatmerkmalen? In einem letzten Experiment wurde nun das Format direkt mit der Aufgabendimension verglichen, um die Stellung des Formats nach besser klären zu können.

11 Experiment 5

Die ersten vier Experimente zeigten die besondere Rolle, die das Format eines Reizes, also seine äußere Form, bei der Spezifikation von Handlungsparametern spielen kann. Es wurde im Handlungsplan spezifiziert, allerdings für Zahlwörter und Ziffern in einer unterschiedlichen Art und Weise (Experiment 1 und 2). Die Bedeutung des Formates konnte dabei an einen einzelnen Zahlenwert gebunden werden (Experiment 3). Dabei war das Format in allen vier Experimenten nicht direkt mit der jeweiligen Aufgabe verbunden. Die Formatinformation wurde also zusätzlich mit in den Handlungsplan aufgenommen, wobei über die Gründe dafür momentan nur spekuliert werden kann (siehe dazu die allgemeine Diskussion in Kapitel 12).

Der Ausgangspunkt der gesamten Untersuchung bestand in der Frage, welche Merkmale in den Handlungsplan aufgenommen werden können. Daß dies neben der hier untersuchten Formatinformation natürlich auch die Information über die jeweilige zu bearbeitende Aufgabe ist (z.B. eine Paritätsentscheidung), zeigten die schon berichteten Experimente zur Untersuchung der direkten Parameterspezifikation (siehe z.B. Neumann & Klotz, 1994).

Ungeklärt ist jedoch das Zusammenspiel der Aufgabeninformation mit der Formatinformation. In den bis jetzt durchgeführten Experimenten lieferte das Format immer eine Zusatzinformation. Sind Aufgaben- und Formatinformation aber immer im Handlungsplan enthalten und bezüglich der Spezifikation gleichbedeutend oder steht die Aufgabeninformation „über“ der Formatinformation? Kann letztere nur eine unterstützende Information einnehmen oder auch die Verarbeitung der Aufgabe stören? Dies wurde in dem folgenden Experiment untersucht.

Dazu wurden den Versuchspersonen zwei Aufgaben gestellt. Sie mußten, je nach Block, entweder wieder die Paritätsentscheidung treffen oder entscheiden, ob eine Zahl größer oder kleiner 5 ist. Das Format der jeweiligem Primes und Zielreize konnte die zu bearbeitende Aufgabe unterstützen oder nicht unterstützen. Dabei konnte es durchaus sein, daß in der Paritätsaufgabe langsamer reagiert wurde als bei der Größenentscheidung (Koechlin e al., 1999). Dies ist jedoch nicht bedeutsam, solange mögliche Effekte des Formats in beiden Aufgaben zu finden sind.

11.1 Material und Methode

Versuchspersonen. An dem Experiment nahmen 6 Psychologiestudentinnen im Alter von 19 bis 40 Jahren der TU Braunschweig teil ($M = 24,83$ Jahre, $SD = 7,38$ Jahre). Alle hatten eine normale Sehfähigkeit. Ihnen wurde die Teilnahme mit Versuchspersonenstunden vergütet.

Durchführung und Material. Es gab folgende Veränderungen im Aufbau des Experiments: Alle Versuchspersonen nahmen an 5 Sitzungen teil, von denen 4 Priming-Sitzungen waren und die letzte die Identifikationssitzung war. Eine Sitzung bestand aus 14 Blöcken mit jeweils 48 Versuchs- und 3 Aufwärmdurchgängen. Die Pause fand nach dem achten Block statt. Die Anzahl der Blöcke wurde erhöht, da ein Block mit 48 Versuchsdurchgängen im Vergleich zu den letzten Experimenten recht kurz war. Jede Versuchsperson absolvierte also 2688 Priming-Versuchsdurchgänge und 672 Identifikationsdurchgänge.

Die Versuchspersonen mußten zwei unterschiedliche Aufgaben bearbeiten. Neben der schon verwendeten Paritätsentscheidung mußte auch eine Größenentscheidung („größer oder kleiner 5?“) getroffen werden. Für die Paritätsaufgabe galt wie in den anderen Experimenten, daß bei ungeraden Zahlen der linke und bei geraden Zahlen der rechte Knopf gedrückt werden mußte. Im Falle der Größenentscheidung mußten die Versuchspersonen den linken Knopf bei Zahlen kleiner als 5 und den rechten bei Zahlen größer als 5 drücken. Ein Aufgabentyp wurde immer für einen Block bearbeitet und zu Beginn des Blocks visuell angekündigt. Zuletzt kam wieder die Identifikationssitzung, in der die gleichen Aufgaben nun bezüglich des Primes gelöst werden sollten.

Das jeweilige Zahlenformat für Zielzahlen und Primes wurde davon bestimmt, ob das Format die Aufgabe unterstützt oder nicht (siehe Tabelle 4). Unterstützte das Format die Aufgabe, dann waren im Falle einer Größenentscheidung alle Zahlenwerte kleiner als 5 immer Zahlwörter, aller größer als 5 immer Ziffern. Bei einer Paritätsentscheidung waren die geraden Zahlen Ziffern und die ungeraden Zahlen Zahlwörter. Unterstützte das Format die Aufgabe nicht, waren bei einer Größenentscheidung nun alle geraden Zahlen Ziffern und alle ungeraden Zahlwörter, bei der Paritätsentscheidung alle Zahlen kleiner 5 Wörter und alle größer 5 Ziffern.

Tabelle 4: Festlegung von Format und Aufgabentyp in Experiment 5

| | | Unterstützung | |
|---------|-----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | | Format unterstützt | Format unterstützt nicht |
| Aufgabe | <5> | < 5 = Wörter > 5 = Ziffern | gerade= Ziffern ungerade= Wörter |
| | gerade/ungerade | gerade= Ziffern ungerade= Wörter | < 5 = Wörter > 5 = Ziffern |

Versuchsplan. Neben den SOAs (28, 42, 56, 70 ms), den **Kongruenzverhältnissen** (identisch, kongruent, inkongruent), dem **Format von Zielreiz** (Wort oder Ziffer) und **Prime** (Wort oder Ziffer), wurde zusätzlich der **Aufgabentyp** für einzelne Blöcke („gerade/ungerade“ oder „größer/kleiner 5“) und die **Unterstützung der Aufgabe** durch das Format (unterstützend vs. nicht unterstützend) variiert.

11.2 Ergebnisse

Mit diesem Experiment wurde überprüft, wie die Merkmale der Aufgabe und die Formatsmerkmale zusammenspielen. Deshalb wurde untersucht, wie sich die Kongruenzverhältnisse unter dem Einfluß des Faktors „Unterstützung der Aufgabe“ verhielten, ohne Berücksichtigung des genauen Aufgabentyps. Dieser wurde erst in einer zweiten Analyse mit einbezogen.

11.2.1 Einfluß des Faktors Unterstützung auf die Reaktionszeiten

Der Faktor „Unterstützung der Aufgabe“ durch das Primeformat zeigte zwar einen signifikanten Einfluß auf die Kongruenzverhältnisse, [$F(2;10) = 6,07$; $p = ,019$], betrachtet man jedoch die Abbildung 38, erkennt man, daß sich sowohl für die Blöcke, in denen das Format die Aufgabe unterstützte, als auch in den Blöcken, in denen dies nicht geschah, die drei Kongruenzbedingungen in der üblichen Art und Weise unterschieden¹¹.

Man erkennt, daß in den Blöcken, in denen das Format die Aufgabe unterstützte, in allen drei Kongruenzbedingungen schneller reagiert wurde als in den Blöcken, in denen das nicht der Fall war (ca. 29 ms im Mittel). Aber sowohl in den Blöcken, in denen es zu

¹¹ Die vollständigen Ergebnisse der Varianzanalysen und der T-Tests finden sich in Anhang E.

einer Unterstützung kam, als auch in den anderen, war die Differenz zwischen den identischen und inkongruenten gleich groß (45 ms vs. 48 ms). Der einzige Unterschied innerhalb der Kongruenzbedingungen bestand darin, daß in den Blöcken, in denen das Format unterstützte, die Differenz zwischen der identischen und der kongruenten Bedingung mit ca. 12 ms kleiner war als in den nicht unterstützenden Blöcken (ca. 23 ms).

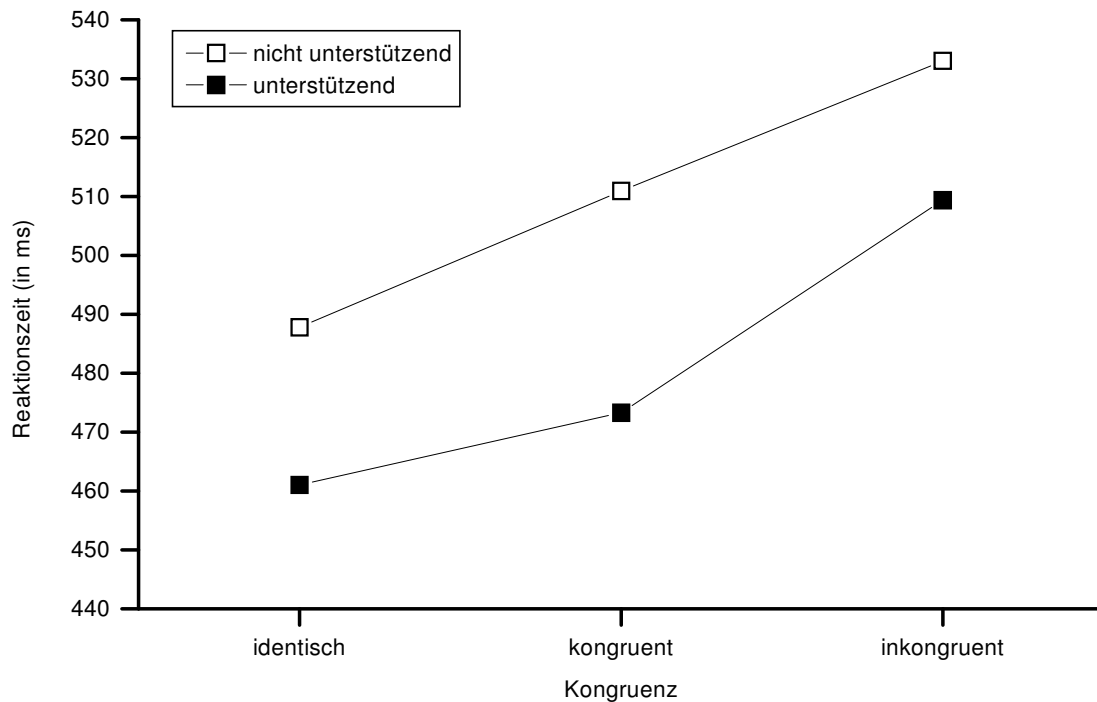


Abbildung 38: mittlere Reaktionszeiten (in ms) in den Kongruenzbedingungen für den Faktor Unterstützung

Ein ähnliches Bild zeigte sich auch, wenn der Einfluß des Primeformates mit hinzugenommen wurde. Zwar wirkte das Primeformat mit dem Faktor der Unterstützung signifikant auf die Reaktionszeiten in den drei Kongruenzverhältnissen ein, [$F(1,69;8,43) = 11,93$; $p = ,004$], aber auch hier zeigten sich in allen Bedingungen Unterschiede zwischen den drei Kongruenzverhältnissen (siehe Abbildung 39). In den inkongruenten Bedingungen wurde immer langsamer reagiert als in den identischen. Diese Unterschiede waren für die Reizpaare mit Ziffern-Primes mit ca. 67 ms bei den Blöcken mit unterstützendem Format und 53 ms bei den Blöcken mit nicht unterstützendem Format größer als bei Reizpaaren mit Zahlwort-Primes (ca. 30 ms und 36 ms). Wichtig ist, daß für beide Primeformate Kongruenzunterschiede vorhanden waren.

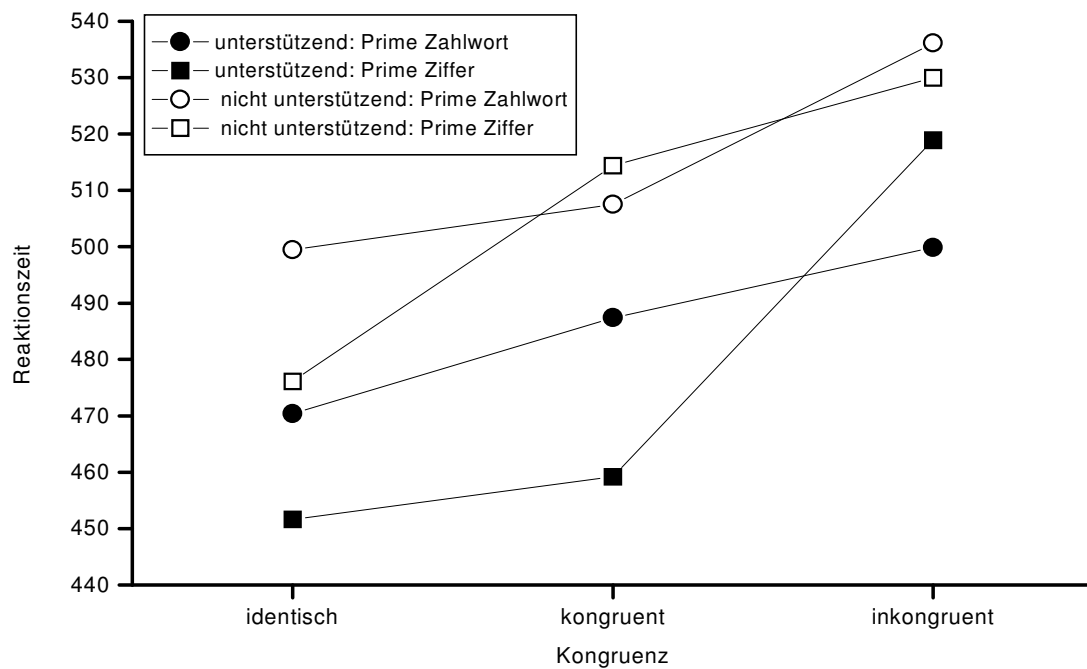


Abbildung 39: Reaktionszeiten (in ms) nach Unterstützung, Kongruenz und Primeformat

Das Primeformat schien vor allem auf die kongruenten Reizpaare eine unterschiedliche Wirkung zu haben – je nach Form der Unterstützung. Handelte es sich um Ziffern-Primes in Blöcken, in denen das Format die Aufgabe unterstützte, dann war der Unterschied zwischen identischen und kongruenten Paaren mit ca. 8 ms nicht sehr groß, während dieser Unterschied bei Blöcken ohne Formatunterstützung 38 ms betrug. Im Falle von Zahlwort-Primes war dieses Verhältnis genau andersherum. Hier war der Unterschied zwischen identischen und kongruenten Reizpaaren in Blöcken, in denen das Format die Aufgabe unterstützte, mit 8 ms geringer als in den Blöcken, in denen das Format die Aufgabe nicht unterstützte (ca. 17 ms). Der Grund hierfür könnte in der schon diskutierten unterschiedlichen Verarbeitung von Zahlwörtern und Ziffern (auf der Zielreiz-Ebene) liegen.

Es bleibt festzuhalten, daß die Unterstützung der Aufgabe durch das Format zwar einen Einfluß auf die allgemeine Reaktionsgeschwindigkeit hatte, die Existenz der Kongruenzunterschiede zwischen identischen, kongruenten und inkongruenten Reizpaaren jedoch nicht davon beeinflußt wurde. Das Primeformat hatte einen geringen Einfluß auf die Reaktionszeitunterschiede in den drei Kongruenzbedingungen: Bei Zahlwort-Primes waren die Unterschiede zwar geringer als bei Ziffern-Primes, aber immer noch vorhanden. Der Faktor Unterstützung wirkte sich dabei vor allem auf die kongruenten Paare aus, deren Reaktionszeiten je nach Primeformat und Unterstützung näher an den Reaktionszeiten der identischen oder inkongruenten Reizpaare lagen.

11.2.2 Einfluß des Aufgabentyps auf die Reaktionszeiten

In einem zweiten Schritt wurde noch untersucht, ob sich eine Kombination aus Aufgabentyp und Unterstützung der Aufgabe auf die Priming-Effekte auswirkte. Diese Kombination führte zu vier unterschiedlichen Blocktypen. Die beiden Aufgabentypen (Paritäts- oder Größenentscheidung) konnten jeweils in einem Block vorkommen, in dem das Format die Aufgabe unterstützte oder nicht unterstützte.

Es fand sich eine signifikante Interaktion zwischen den Kongruenzverhältnissen und dem Blocktyp, [$F(6;30) = 2,93$; $p = ,023$]. Allgemein wurde in den Blöcken mit Größenentscheidung schneller reagiert als in den Blöcken mit der Paritätsentscheidung. Ebenfalls wurde in den Blöcken, in denen das Format die Aufgabe unterstützte, schneller reagiert, als in denen, in denen dies nicht der Fall war. Trotz dieser Unterschiede sieht man in Abbildung 40 für alle vier Blocktypen in den Reaktionszeiten zwischen identischen, kongruent und inkongruenten Reizpaaren Kongruenzunterschiede. Die Differenzen zwischen identischen und inkongruenten Paaren bewegten sich zwischen 43 und 50 ms – unterschieden sich also für die einzelnen Blocktypen nicht wesentlich. Die Unterschiede zwischen den identischen und kongruenten Reizpaaren schwankten dagegen mehr. Während dieser Unterschied bei der Größenentscheidung, in der das Format die Aufgabe unterstützte, nur knapp 10 ms betrug, war dieser Unterschied bei den Blöcken mit Paritätsentscheidung, in denen das Format die Aufgabe nicht unterstützte, fast 27 ms groß.

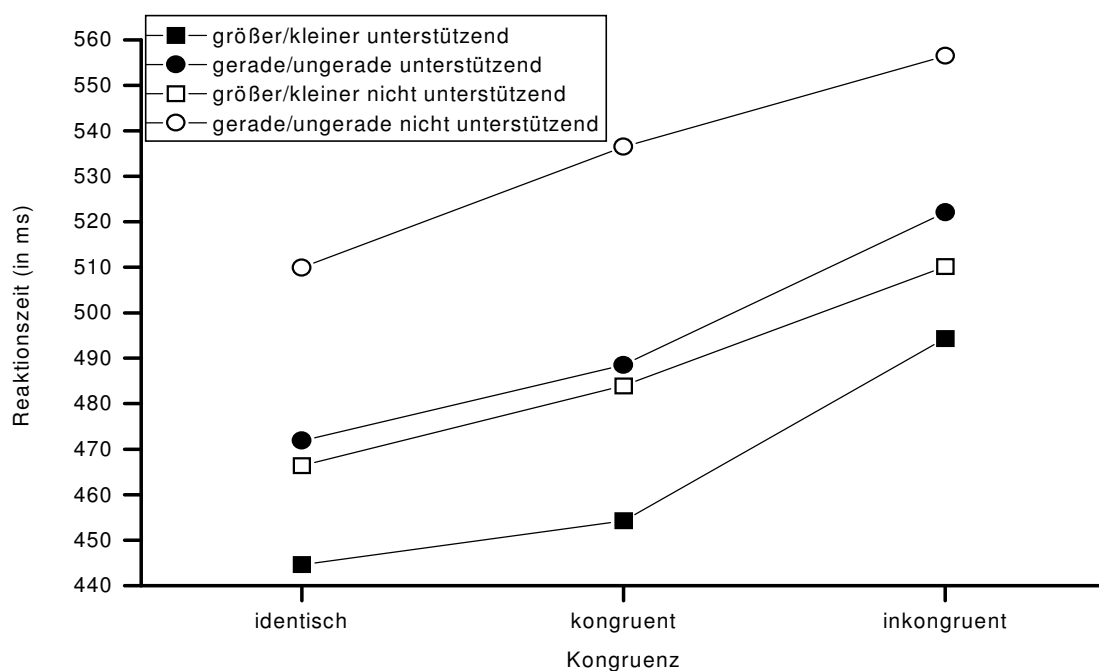


Abbildung 40: mittlere Reaktionszeiten (in ms) für die drei Kongruenzbedingungen je nach Art des Blocks

Auch hier wirkte die Manipulation, wie in der ersten Analyse, vor allem auf die kongruenten Reizpaare. Trotz dieser Schwankungen blieb für alle vier Blocktypen das Prinzip bestehen, daß auf identische Reizpaare schneller reagiert wurde als auf kongruente, und auf diese wieder schneller als auf inkongruente Paare.

Auch eine Einbeziehung des Primeformates änderte an diesen wesentlichen Unterschieden nichts. Zwar war der Einfluß des Primeformates auf die Kongruenzverhältnisse und den Blocktyp signifikant, [$F(5,86;29,3) = 7,16$; $p = ,00$], es veränderte jedoch nichts an der Tatsache, daß auf inkongruente Paare langsamer als auf kongruente und identische Paare reagiert wurde (siehe Abbildung 41). Das Primeformat wirkte auch hier, wie schon bei der Untersuchung des Faktors Unterstützung. Handelte es sich um Reizpaare mit Zahlwort-Primes, waren die Kongruenzunterschiede nicht so groß wie bei Reizpaaren mit Ziffern-Primes. Auch veränderte sich hier die Position der kongruenten Reizpaare je nach Primeformat und Blocktyp.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß sich auch für die vier Blocktypen keine Veränderungen über die Kongruenzunterschiede fand. Bei identischen Reizpaaren wurde schneller reagiert als bei kongruenten und bei diesen wiederum schneller als bei inkongruenten. Die signifikanten Einflüsse wirkten sich nur geringfügig auf die Größe der Kongruenzunterschiede aus.

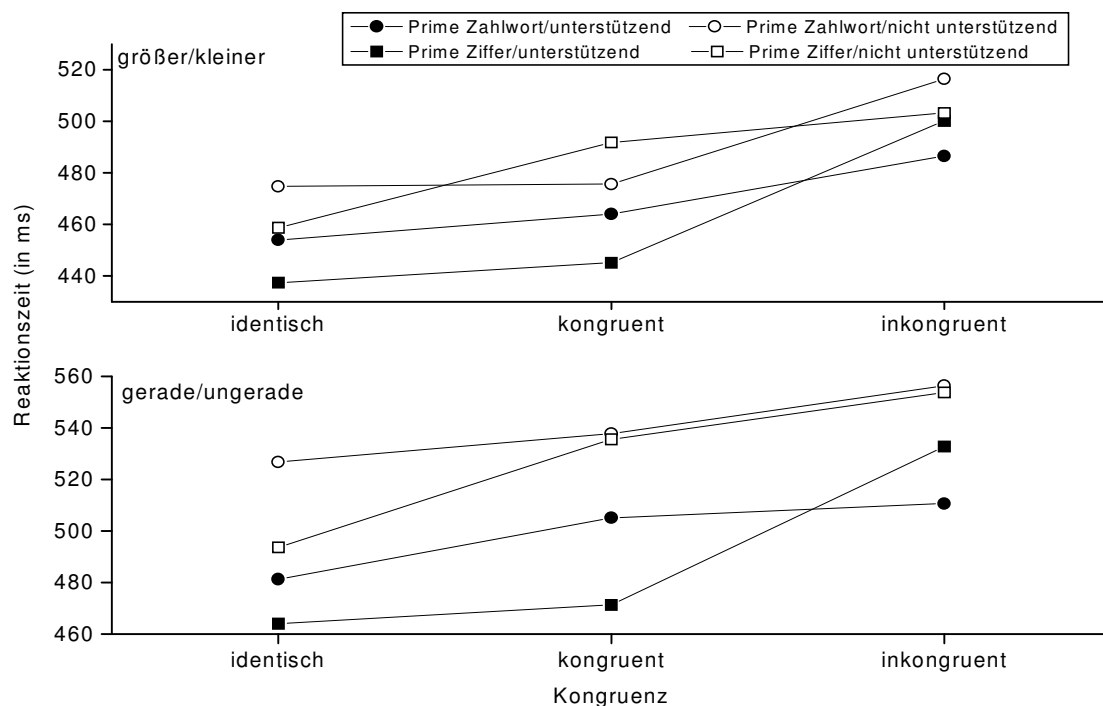


Abbildung 41: mittlere Reaktionszeiten (in ms) für die drei Kongruenzbedingungen nach Blocktyp und Primeformat

11.2.3 Priming-Funktionen

Da sich schon in den absoluten Reaktionszeiten keine Unterschiede bezüglich der Kongruenzunterschiede zeigten, je nachdem, ob es sich um Blöcke handelte, in denen das Format die Aufgabe unterstützte bzw. in denen das Format die Aufgabe nicht unterstützte, wurden auch für die Priming-Funktionen keine veränderten Verhältnisse über den SOA-Verlauf erwartet. Mit zunehmendem SOA sollten die Unterschiede zwischen den drei Kongruenzbedingungen immer größer werden, so daß die daraus resultierenden Priming-Funktionen ebenfalls ansteigen sollte. Dies sollte unabhängig von der Unterstützung des Formates für die Aufgabe und auch unabhängig von dem jeweiligen Blocktyp sein.

Die Reaktionszeitunterschiede zwischen den drei Kongruenzverhältnissen veränderten sich signifikant mit zunehmendem SOA, $[F(4,24;21,21) = 16,8; p = ,00]$. Die Differenz zwischen den Reaktionszeiten identischer und inkongruenten Reizpaare stieg mit zunehmendem SOA an und erreichte bei einem SOA von 70 ms den Betrag von 74 ms. Auch die anderen Priming-Funktionen stiegen mit zunehmendem SOA an, wenn auch nicht so stark. Also bestanden die Unterschiede zwischen den Kongruenzbedingungen über den gesamten SOA-Verlauf und wurden, wie erwartet, mit zunehmendem SOA größer.

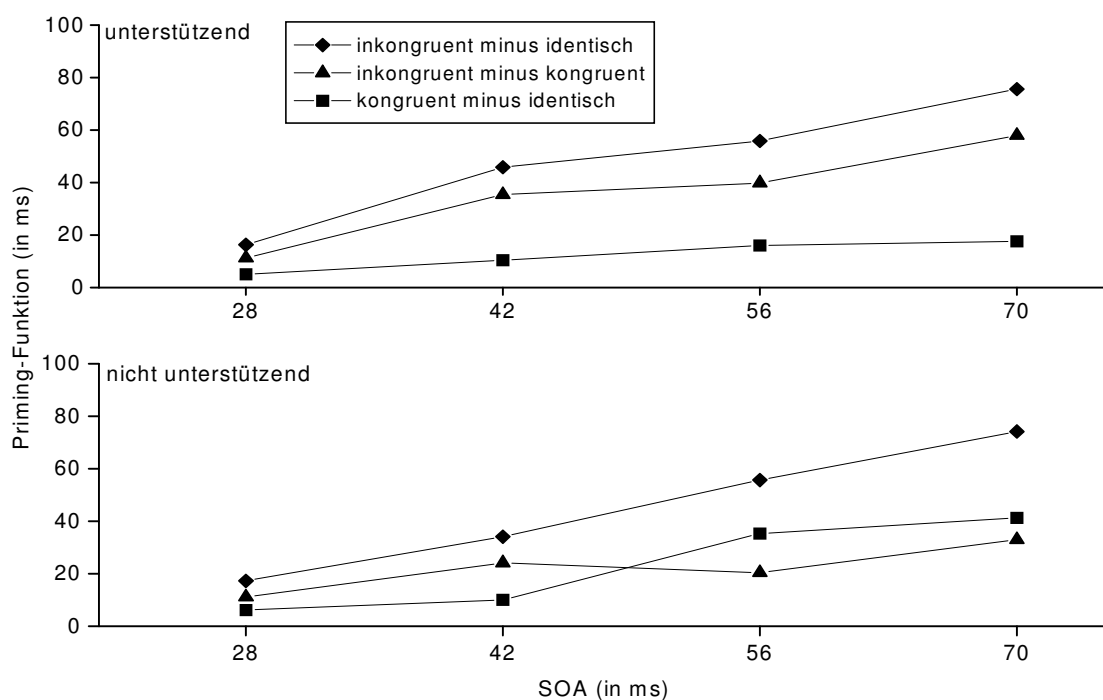


Abbildung 42: Priming-Funktionen für Blöcke, in denen das Format die Aufgabe unterstützte bzw. nicht unterstützte

Diese Priming-Funktionen wurden nicht von der Unterstützung der Aufgabe durch das Format signifikant beeinflusst, $[F(5,32;26,58) = 2,03; p = ,103]$. Wie man in Abbildung 42 sehen kann, fand sich in allen Bedingungen eine Zunahme der Priming-Funktionen mit zunehmendem SOA für inkongruente/identische Paare. Die anderen Priming-Funktionen nahmen nicht immer zu, waren aber in den meisten Fällen auch positiv. Es veränderte sich also auch über den SOA-Verlauf nicht die Tatsache, daß die Unterstützung der Aufgabe durch das Format bzw. die Nicht-Unterstützung keinen Einfluß auf die Kongruenzunterschiede hatte. Auch die Art des Blocktyps übte keinen Einfluß auf die Priming-Funktionen aus, $[F(6,99;34,99) = ,161; p = ,165]$.

11.2.4 Fehlerhäufigkeiten

Auch bei der Analyse der Fehlerhäufigkeiten zeigten sich die üblichen Kongruenzunterschiede, $[F(2;20) = 9,83; p = ,004]$, die aber unabhängig von der Tatsache waren, ob das Format die Aufgabe unterstützte oder nicht unterstützte, $[F(1,15;5,75) = ,82; p = ,421]$. Die Versuchspersonen machten in Blöcken, in denen das Format die Aufgabe nicht unterstützte, zwar in allen drei Kongruenzbedingungen ca. 1% mehr Fehler als in Blöcken, in denen das Format die Aufgabe unterstützte (siehe Abbildung 43). Dies kann mit den Reaktionszeiten verglichen werden, bei denen im Falle eines nicht unterstützenden Formates langsamer reagiert wurde. Aber in beiden Fällen wurden bei inkongruenten Reizpaaren mehr Fehler gemacht als bei identischen Reizpaaren (4,2 zu 1,5 % und 5,4 zu 2,8%).

Der jeweilige Blocktyp veränderte die Kongruenzeffekte bei den Fehlerhäufigkeiten zwar signifikant, $[F(6;30) = 2,6; p = ,038]$, betrachtet man jedoch die Unterschiede in Abbildung 44, erkennt man, daß auch hier für alle Blocktypen Unterschiede zwischen den drei Kongruenzverhältnissen bestanden. Diese waren für einige Blocktypen etwas ausgeprägter als für andere. So betrugen die Unterschiede zwischen kongruenten und inkongruenten Reizpaaren bei einer Paritätsentscheidung, in der das Format nicht die Aufgabe unterstützte, 3,7%. Bei der Größenentscheidung, in der das Format die Aufgabe nicht unterstützte, betrug dieser Unterschied nur 1,8 %. Dies war zwar wesentlich weniger, aber es bestand ein Unterschied.

Die Ergebnisse der Fehleranalyse zeigten, wie schon bei den absoluten Reaktionszeiten und den Priming-Funktionen, daß die Unterstützung einer Aufgabe durch das Format sich höchstens auf die allgemeine Höhe der Fehler auswirkte.

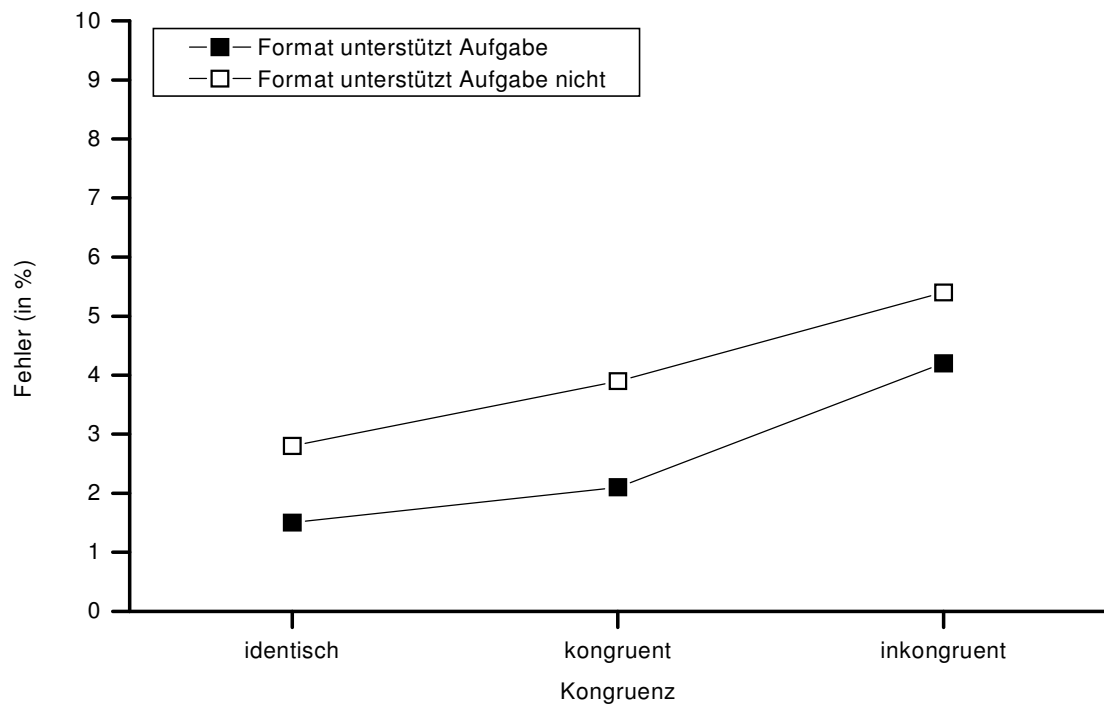


Abbildung 43: Fehlerhäufigkeiten (in Prozent) für die drei Kongruenzunterschiede je nach Unterstützung

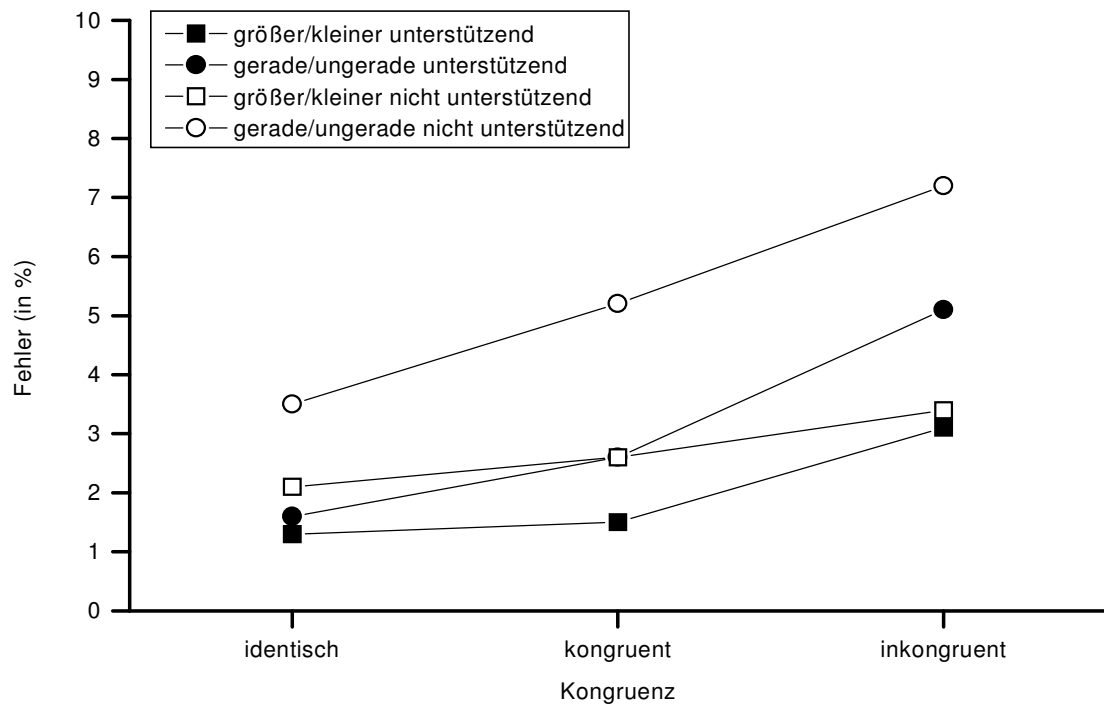


Abbildung 44: Fehlerhäufigkeiten (in Prozent) nach Blocktyp

11.2.5 Ergebnisse des Identifikationsexperimentes

In der letzten Sitzung wurde auch in diesem Experiment die Sichtbarkeit des Primes überprüft. Die Sichtbarkeit der beiden Primeformate unterschied sich über den SOA-Verlauf nicht signifikant voneinander, [$F(1,88;9,38) = ,57$; $p = ,57$]. In Abbildung 45 sieht man, daß sich gerade für die SOAs von 42 und 56 ms die d' -Werte für Zahlwort-Primes und Ziffer-Primes leicht unterschieden. Signifikant von 0 unterschieden sich aber nur die d' -Werte für die Zahlwort-Primes bei einem SOA von 70 ms, und für die Ziffern-Primes bei einem SOA von 42 ms, jedoch auch nicht für ein korrigiertes α' -Niveau, [$t = 2,76$; $df = 5$; $p = ,04$; $t = 2,77$; $df = 5$, $p = ,004$, $\alpha' = ,006$].

Die Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchspersonen waren in diesem Fall jedoch auch nicht so groß. So kann man davon ausgehen, daß in den meisten Fällen die Primes von den Versuchspersonen nicht bewußt wahrgenommen wurden, diese aber doch, wie oben dargestellt wurde, einen Einfluß auf die Reaktionszeit auf die Zielreize hatten.

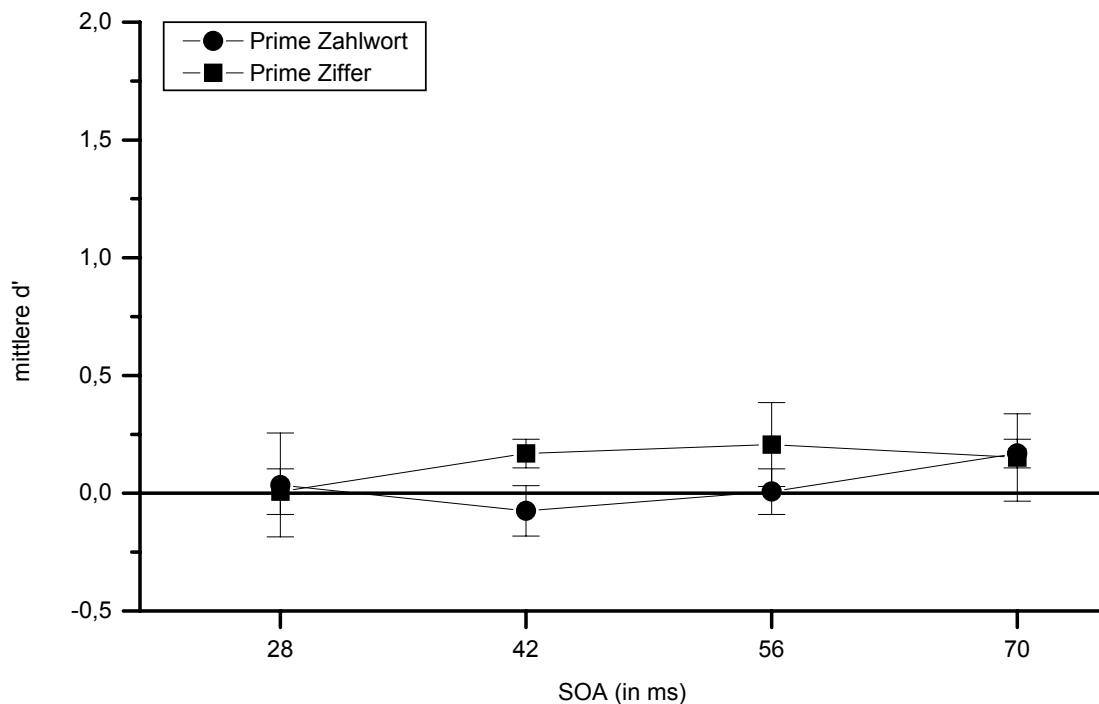


Abbildung 45: Maskierungsfunktionen für die beiden Primeformate

11.3 Diskussion

In diesem Experiment wurde das Zusammenspiel zwischen den Format- und Aufgabenmerkmalen untersucht. Es fanden sich jedoch die üblichen Kongruenzunterschiede zwischen identischen, kongruenten und inkongruenten Paaren in den Reaktionszeiten und Fehlerhäufigkeiten unabhängig davon, ob das Format der Zahlen die Aufgabe unterstützte oder nicht unterstützte. Dies hatte nur einen Einfluß auf die allgemeine Reaktionsgeschwindigkeit, da bei einer Unterstützung schneller reagiert wurde. Ebenso beeinflusste der Aufgabentyp (Paritäts- oder Größenentscheidung) nur die allgemeine Reaktionsgeschwindigkeit, wie auch erwartet worden war. Dies geschah bei weitgehend nicht wahrnehmbaren Primes.

Was bedeuten die Ergebnisse in Hinblick auf die Frage, wann das Format in den Handlungsplan aufgenommen wird? Wäre das Format als zusätzliche Information in diesem Experiment mit in den Handlungsplan aufgenommen worden, hätte es in den Blöcken, in denen das Format die Aufgabe unterstützte, deutlich andere Priming-Effekte geben müssen als in den Blöcken, in denen dies nicht der Fall war. Unabhängig von der Unterstützung des Formates führten alle Primes in den Reaktionszeiten, Priming-Funktionen und Fehlerhäufigkeiten zu annähernd gleich großen Effekten. Deshalb sollte man davon ausgehen, daß in diesem Experiment keine Formatspezifikation wie bei den anderen Experimenten stattfand. Vielmehr kann hier eine ähnliche Spezifikation wie bei Dehaene et al (1998) stattgefunden haben (siehe dazu Diskussion Experiment 1).

Anscheinend war keine Kombination von Formatinformation mit der Aufgabeninformation möglich. Zwar zeigte Experiment 3, daß die Formatinformation auch auf der Ebene einzelner Reize spezifiziert werden konnte, in dem ein Format mit einem Zahlenwert gekoppelt wurde. Eine Verbindung von Format und Aufgabe schien nicht möglich, obwohl die meisten Versuchspersonen angaben, die Koppelung bemerkt zu haben. Der Grund dafür könnte sein, daß der möglicherweise entstehende Nutzen durch eine Formataufnahme in den Handlungsplan den Aufwand, der durch die hier verlangte Spezifikation entstand, überstieg.

Weitere Gründe könnten sein, daß in den Handlungsplan nur eine gewisse Menge an Informationen aufgenommen werden kann. Die hier vorgenommene Verbindung könnte diese Menge überstiegen haben. In diesem Fall könnte es zu einem hierarchischen Abwägverfahren kommen, in dem zuerst die aufgabenrelevanten Merkmale aufgenommen werden (von denen es hier zwei gibt: Parität und Größenentscheidung) und dann noch

Merkmale, die zusätzliche Informationen enthalten (unterstützendes vs. nicht unterstützendes Format), jedoch nur, wenn noch „Platz“ ist.

Auch die allgemeinen Unterschiede in der Reaktionsgeschwindigkeit lassen sich nicht auf eine besondere Formatspezifikation im Handlungsplan zurückführen. Es ist ebenso wahrscheinlich, daß dies einfach Effekte des Zielreizformates waren. Viele Versuchspersonen hatten die Kombination von Format und Aufgabentyp auf der Zielreizebene erkannt. So kann es durchaus sein, daß, wenn das Format die Aufgabe unterstützte, dies die Erkennung der Zielreize erleichterte, es aber zu Interferenzen kam, wenn dies nicht der Fall war. Da sich in den Ergebnissen keine anderen bedeutsamen formatspezifischen Effekte zeigten, scheint eine Erklärung der Unterschiede auf die Zielreizverarbeitung wahrscheinlicher.

Auch die gefundenen Effekte in den kongruenten Prime-Zielreiz-Paaren lassen sich nicht unbedingt auf eine Formatspezifikation zurückführen. Bei Ziffern-Primes, in einem Block mit Unterstützung, war der Unterschied zwischen identischen und kongruenten Paaren nicht sehr groß, für Zahlenwörter jedoch schon. In Blöcken ohne Unterstützung war das Verhältnis genau umgekehrt. Auch hier erscheint eine Erleichterung der visuellen Identifikation auf der Ebene der Zielreize wahrscheinlicher. In den formatunterstützenden kongruenten Blöcken folgte auf einen Ziffern-Prime immer eine Ziffer, die normalerweise schneller erkannt werden. In den nicht unterstützenden Blöcken konnte auch ein Zahlwort mit einer langsameren Identifikationszeit folgen. Bei Zahlwort-Primes war das Verhältnis natürlich genau umgekehrt.

Handelte es sich nun um formatunterstützende Blöcke, folgte dem Zahlwort immer ein Zahlwort, was zu einer einfacheren visuellen Identifikation wie bei den Ziffern führen könnte. Andererseits folgen im Fall nichtunterstützender Blöcke auf Zahlwort-Primes auch Ziffern, die schneller als Zahlwörter erkannt werden. Dies könnte zu den schnelleren Reaktionszeiten geführt haben. Da dieser mögliche Einfluß auch nicht so stark ist, daß er das übliche Muster der Reaktionszeitverteilung verändert, sollte er auch nicht weiter interpretiert werden.

Das Format spielte, wie auch gerade die letzten Abschnitte zeigten, zwar eine wichtige Rolle, nicht nur auf der Ebene der Handlungsplanung, sondern auch bei den Identifikationsprozessen (siehe dazu auch die Diskussion formatspezifischer Unterschiede in Kapitel 4.1). Bei der Handlungsplanung scheint seine Rolle jedoch nur untergeordnet zu sein.

Daß die Formatinformation nicht mit in den Handlungsplan aufgenommen werden muß, wurde durch ein weiteres hier nicht berichtetes Experiment unterstützt. In diesem Fall gab es zwei Bedingungen. In der ersten Bedingung waren identische bzw. kongruente Reizpaare immer formatinkonsistent, inkongruente Paare immer formatkonsistent. In der zweiten Bedingung war dies genau umgekehrt. Nach den Ergebnissen von Experiment 4 wurde erwartet, daß formatinkonsistente Reize die Effekte stark beeinflussen können. Dies war jedoch nicht der Fall. Die Reaktionszeiten in den Kongruenzbedingungen unterschieden sich für die beiden Bedingungen nicht signifikant, $[F(2;20) = ,55; p = ,59]$. Auch hier schien die Formatinformation keinen Nutzen zu bringen.

Unter welchen Bedingungen nun das Format in den Handlungsplan aufgenommen wird, sowie daraus zu ziehende Konsequenzen für die Theorien des Primings, sollen in der allgemeine Diskussion zusammenfassend erläutert werden.

12 Allgemeine Diskussion

Das Ziel dieser Arbeit war die Untersuchung der Rahmenbedingungen der direkten Parameterspezifikation (Neumann, 1989; 1990), die zur Erklärung von Dissoziationseffekten dient, wie sie z.B. bei Untersuchungen zum unbewußten Priming auftreten können. Der Fokus der Arbeit lag dabei auf den Parametern, die in den Handlungsplan aufgenommen werden können und so zu Priming-Effekten führen können. Nach Neumann können Reize unsere Handlung auch direkt, ohne die Entstehung einer bewußten mentalen Repräsentation, beeinflussen, wenn diese Reize Merkmale besitzen, die als Parameter in einem Handlungsplan festgelegt sind. In diesem Fall kann ein eintreffender Reiz diesen Parameter spezifizieren, ohne daß eine bewußte Repräsentation entstehen muß.

Bis jetzt gab es jedoch noch keine Untersuchungen, welche Merkmale, außer den jeweils aufgabenrelevanten, mit in den Handlungsplan aufgenommen werden. In dieser Arbeit wurde die äußere Form eines Reizes (anhand von Zahlenwerten) als ein weiterer möglicher Parameter untersucht, der in den Handlungsplan aufgenommen werden kann. Dabei fanden sich folgende Ergebnisse:

1. Wenn die Versuchspersonen sich (für mehrere Sitzungen) darauf einstellten, nur Zahlenwerte im Ziffernformat zu sehen, dann führten auch nur Ziffern-Primes zu Priming-Effekten. Stellten sie sich jedoch auf Zahlwörter als Zielreize ein, dann fanden sich sowohl für Zahlwort- als auch Ziffern-Primes Priming-Effekte, wenn diese auch für Ziffern-Primes geringer waren (Experiment 1).
2. Stellten sich dieselben Versuchspersonen aber sowohl auf Ziffern- und Zahlwort-Zielreize ein, führten auch beide Primeformate zu Priming-Effekten.
3. Wechselte das Format der Zielreize immer blockweise (Experiment 2), fanden sich die gleichen Ergebnisse wie in Experiment 1. D.h. sahen die Versuchspersonen in einem Block nur Ziffern, führten auch nur Ziffern-Primes zu Priming-Effekten. In Zahlwort-Blöcken „wirkten“ jedoch wieder beide Primeformate.
4. Die Versuchspersonen mußten auf die besonderen Formatmerkmale nicht explizit hingewiesen werden. In Experiment 4 war jeder Zielreizwert mit einem bestimmten Format gekoppelt, was die Versuchspersonen nicht wußten. Trotzdem führten nur die Zahlenwerte als Prime zu Priming-Effekten, die in einem Format gezeigt wurden, in dem sie auch als Zielreiz vorkamen.

5. Diese Kopplung von Zahlenwert und Format zeigte, daß auch für Zahlen die Spezifikation auf der Ebene einzelner Reize getroffen wurde.
6. Waren einzelne Zahlenwerte der Zielreize mit einem bestimmten Format gekoppelt und die Primeformate jedoch immer formatinkonsistent, zeigte sich ein uneinheitliches Bild (Experiment 4). In diesem Fall führten nur Ziffern-Primes zu Effekten, obwohl die Zahlwerte der Primes in diesem Format nicht als Zielreiz vorkamen. Zahlwort-Primes riefen unter diesen Bedingungen überhaupt keine Effekte hervor.
7. Formatmerkmale, die die Aufgabe unterstützten bzw. nicht unterstützten, beeinflussten zwar die allgemeine Reaktionsgeschwindigkeit (in der unterstützenden Bedingung wurde schneller reagiert), veränderten jedoch nicht die Priming-Effekte, die ihr übliches Muster zeigten.

Auf der Grundlage der in den Experimenten erzielten Ergebnissen läßt sich feststellen, daß das Merkmal „Format“ unter bestimmten Umständen mit in den Handlungsplan aufgenommen wird. Die genauen Bedingungen hängen jedoch von dem jeweiligen Format, der Bewußtheit über das Merkmal und dem Zusammenspiel mit den Aufgabenmerkmalen zusammen und sollen hier diskutiert werden.

Zusätzlich lassen sich aufgrund der hier gefundenen Ergebnisse auch Aussagen zur Gültigkeit der beiden anderen Theorien zur Erklärung von Dissoziationseffekten, den Ideen einer automatischen Aktivierungsausbreitung (z.B. Naccache & Dehaene, 2001a; Marcel, 1983b) und der Theorie der zwei kortikalen Verarbeitungspfade von Milner und Goodale (1995) treffen. Auch die möglichen Konsequenzen für die Modelle der kognitiven Zahlenverarbeitung werden kurz angesprochen, wenn auch eine Untersuchung dieser Modelle nicht die Hauptmotivation für diese Arbeit darstellte.

12.1 Direkte Parameterspezifikation

12.1.1 Welche Parameter befinden sich im Handlungsplan?

In den bisherigen Untersuchungen zur direkten Parameterspezifikation wurden Klassifikationsaufgaben bei einfachen Figuren bearbeitet (z.B. Klotz & Wolff, 1995; Neumann & Klotz, 1994; Vorberg et al., in Druck). Bei diesem Reizmaterial waren die Variationsmöglichkeiten mehrerer Parameter eingeschränkt, da z.B. die äußere Form auch das aufgabenrelevante Merkmal darstellte. In den hier vorgestellten Experimenten konnte jedoch

gezeigt werden, daß die äußere Form, in diesem Fall das Format von Zahlen, in den Handlungsplan aufgenommen wurde, auch wenn das Format nicht mit der zu bearbeitenden Aufgabe in Verbindung stand.

In den Experimenten 1 und 2 fanden sich formatabhängige Priming-Effekte, wenn die Versuchspersonen nur ein Format (Ziffern) als Zielreize sahen. Formatabhängige Priming-Effekte können jedoch nur entstanden sein, wenn das spezifische Format der Zielreize in den Handlungsplan aufgenommen wurde. Dies setzt im Handlungsplan die Existenz eines Parameters „Format“ voraus. Ob dieser Parameter immer vorhanden war und im Fall formatabhängiger Priming-Effekte nur auf ein Format eingeschränkt wurde, kann aber aufgrund der hier durchgeführten Experimente nicht entschieden werden.

Die Ergebnisse können jedoch nur im Rahmen zweier bedeutender Einschränkungen diskutiert werden. Diese Formatabhängigkeit der Priming-Effekte fand sich nicht für Zahlwörter als Zielreize. In diesem Fall führten auch Ziffern zu Priming-Effekten (Experiment 1, 2 und 4). In Experiment 3 hingegen spielte nicht das Format allein die ausschlaggebende Rolle. Vielmehr war das Entstehen der Priming-Effekte davon abhängig, ob der Prime in einem Format gezeigt wurde, in dem dieser Zahlenwert auch als Zielzahl vorkam. Dies galt für Ziffern und für Zahlwörter. (In Experiment 4 spielte das Vorkommen jedoch wieder nur für Zahlwort-Primes eine Rolle.)

Mögliche Gründe für die unterschiedliche Behandlung von Zahlen im Ziffern- oder Zahlwortformat wurden schon im ersten Experiment angesprochen. Die besondere Stellung von Ziffern im Umgang mit Zahlenwerten, deren mögliche automatische Aktivierung sowie ihre leichtere und schnellere Identifikation könnten dazu beigetragen haben. Unterschiede in der mentalen Verarbeitung von Zahlwörtern und Ziffern zeigten sich z.B. auch bei sichtbaren Reizen. Das Ausführen von Rechenoperationen dauerte für Zahlwörter länger als für Ziffern (Vorberg & Blankenberger, 1993). Auch gab es Unterschiede in den formatspezifischen Identifikationsprozessen (Cipolotti & Butterworth, 1995; Dehaene, 1995; Noel & Seron, 1992). Auch in den hier durchgeführten Experimenten wurde auf Ziffern als Zielreize schneller reagiert als auf Zahlwörter (siehe auch Heinrich, 1999, für ähnliche Befunde). Es ist deshalb nicht auszuschließen, daß auch nicht wahrnehmbare Ziffern-Primes schneller als Zahlwort-Primes verarbeitet werden.

Ein weitere Erklärung für die formatspezifischen Unterschiede bietet das „Triple-Code“-Modell von Dehaene (1992). Danach ist das Ausführen bestimmter mentaler (Rechen-) Operationen jeweils an bestimmte Formate gebunden. Zahlen in einem anderen Format

werden zuerst in dieses transformiert, um dann die Operation ausführen zu können. Paritätsentscheidungen finden immer im Ziffern-Code statt, in das Zahlwörter erst transformiert werden müssen. Treten formatspezifische Effekte bei einer Paritätsentscheidung auf, könnte die Zahlwort-Verarbeitung „abgeschaltet“ worden sein, indem Zahlwörter einfach nicht mehr transformiert wurden. Das Ziffernformat konnte aber nicht „abgeschaltet“ werden, da sonst die Paritätsentscheidung nicht mehr hätte durchgeführt werden können. Das „Triple-Code“-Modell kann jedoch nicht alle experimentellen Effekte erklären (s.u.).

Eine weitere Einschränkung der formatabhängigen Priming-Effekte fand sich in Experiment 3. Hier waren bestimmte Zahlenwerte der Zielreize mit bestimmten Formaten fest verbunden, während die Primezahlen in beiden Formaten vorkommen konnten. Die Ergebnisse zeigten, daß nicht allein das Format, sondern die Kombination mit dem jeweiligen Zahlenwert in den Handlungsplan aufgenommen wurde. Denn nur die Primezahlen, die in einem Format gezeigt wurden, in dem dieser Zahlenwert auch als Zielreiz vorkam, führten zu Priming-Effekten. Dies galt sowohl für Ziffern als auch für Zahlwörter, die hier gleich behandelt wurden. Priming-Effekte entstanden also nur für die Kombinationen von Zahlenwerten und Formaten, die im Antwortset vorkamen.

Auch Damian (2001) fand eine solche Antwortset-Abhängigkeit für Priming-Effekte mit anderem Reizmaterial. Bei ihm führten nur Prime-Objekte, die im Zielreiz-Set vorkamen, zu Priming-Effekten. Das deutete in Zusammenhang mit den Ergebnissen aus Experiment 3 darauf hin, daß auch die Eigenschaften einzelner Reize in den Handlungsplan aufgenommen werden konnten, auch wenn die Bildung größerer Antwortklassen möglich gewesen wäre. Eine genaue („feinere“) Klassifikation scheint also sowohl bei Damian als auch in Experiment 3 kognitiv günstiger gewesen zu sein.

Es ist zu beachten, daß in Experiment 4, in dem es wie im dritten Experiment eine Koppelung von Format und Zahlenwert gab und zusätzlich identische Zahlenwerte immer formatinkonsistent waren, wieder nur Zahlwörter zu keinen Priming-Effekten führten, Ziffern-Primes hingegen schon. Hier regelte das Vorkommen der Primes also nicht das Entstehen von Priming-Effekten. Der Unterschied zu Experiment 3 könnte in der ständigen Formatinkonsistenz der Primes gelegen haben. Dies könnte dazu geführt haben, daß eine absolute Festschreibung einzelner Zahlenwerte mit ihrem Format als ineffektiv betrachtet und deshalb auf das Ziffernformat zurückgegriffen wurde. Eine Replikation der Experimente mit anderem Material wäre deshalb wünschenswert.

12.1.2 Bedingungen der Aufnahme des Parameters „Format“

Die Ergebnisse sprechen, natürlich nur unter den oben schon diskutierten Einschränkungen, dafür, daß das Format mit in den Handlungsplan aufgenommen wurde, wenn sich ein kognitiver Nutzen daraus ergab. Ein möglicher kognitiver Nutzen könnte in der Einschränkung der Menge der möglichen zu beachtenden Reize gelegen haben (wie bei Damian, 2001). In Experiment 1 und 2 (Versuchspersonen sahen jeweils nur ein Format) wurde durch die Konzentration auf Ziffern die Menge der zu beachtenden Zahlen um die Hälfte reduziert. Ebenso reduzierte die feste Verbindung von Format und Zahlenwert in Experiment 3 die Menge der zu beachtenden Reize.

Gegen die Annahme, daß hinter dieser Aufnahme des Formats in den Handlungsplan ein ökonomischer Aspekt steht, sprechen die Ergebnisse des eingangs beschriebenen Experiment von Naccache und Dehaene (2001a). In diesem fand keine Einschränkung, sondern eher eine Erweiterung der Menge der zu beachtenden Zahlen statt. Die Zahlenwerte 2, 3, 7 und 8 (als Ziffern und Zahlwörter) führten zu Priming-Effekten, obwohl als Zielzahlen nur 1, 4, 6, und 9 vorkamen. Wie läßt sich dieses Ergebnis mit den hier gefundenen Effekten vereinbaren?

Bei der bei Naccache und Dehaene (2001a) benutzten Aufgabe (einer Größenentscheidung) und dem Material (einstelligen Zahlen) sind einige Dinge zu beachten. Einstellige Zahlen kommen in unserem alltäglichen Leben häufiger vor als mehrstellige (Dehaene & Mehler, 1992), könnten also sehr stark miteinander assoziiert sein und sich schnell gegenseitig aktivieren. Zwar fanden einstellige Zahlen auch in den in dieser Arbeit durchgeführten Experimenten Verwendung, der Unterschied zu Naccache und Dehaene bestand jedoch darin, daß nicht Zahlenwerte im Rahmen ihrer natürlichen Anordnung „ergänzt“ werden mußten, sondern Zahlenwerte mit bestimmten Formaten beurteilt wurden. Es ging also um zusätzliche Informationen.

Zusätzlich stellt die Zahl 5, die im Rahmen von Größenentscheidungen verwendet wird, eine häufig benutzte Grenze zur Klassenbildung dar, so z.B. Auf- und Abrunden von Beträgen. Deshalb könnte es bei einer Größenentscheidungsaufgabe einfacher sein, auf bekannte und häufig benutzte Klassen im Handlungsplan zurückzugreifen, als einzelne Zahlenwerte darin zu spezifizieren. Es könnte deshalb sein, daß bei einer Paritätsaufgabe, in der auch nur die Zahlen 1, 4, 6, und 9 vorkommen, keine automatische Erweiterung auf die Menge aller möglichen Zahlen geschieht, da die beiden Klassen „Gerade“ und „Ungerade“ nicht ganz so häufig wie „Größer/Kleiner 5“ benutzt werden.

Die Aufnahme des Formates in den Handlungsplan wurde mit einer möglichen kognitiven Erleichterung begründet. Mögliche Grenzen dieser kognitiven Erleichterung durch die Formatinformation zeigten sich aber in dem letzten Experiment. In diesem mußten zwei Aufgaben bearbeitet werden, und das Format konnte entweder die Aufgabe unterstützen oder nicht. Hier gab es keinen Einfluß des Formates auf die Priming-Effekte. In Zusammenhang mit den Ergebnissen aus den anderen Experimenten deutete dies darauf hin, daß das Format wirklich nur im Falle eines zusätzlichen Nutzens aufgenommen wurde; dies auch nur dann, wenn die Spezifikation nicht zu aufwendig wurde. Dabei kann der Begriff „zu aufwendig“ aufgrund der hier gefundenen Ergebnisse nicht präzisiert werden. Auf der einen Seite nämlich wurde die Kopplung des Formates mit einem bestimmten Zahlenwert in den Handlungsplan aufgenommen (ohne daß diese Kopplung den Versuchspersonen mitgeteilt wurde), auf der anderen Seite zogen sie keinen Nutzen aus einem die Aufgabe unterstützenden Format.

Möglicherweise gibt es eine Hierarchie der aufzunehmenden Merkmale. Zuerst könnten alle die Aufgaben betreffenden Merkmale aufgenommen werden und erst danach mögliche Zusatzinformationen, die die Bearbeitung der Aufgabe erleichtern. Es erscheint einigermaßen plausibel, daß die Merkmalspezifikation im Handlungsplan begrenzt ist, um diesen flexibel und übersichtlich zu halten. Die Menge der aufzunehmenden Merkmale sowie andere mögliche Merkmale außer dem Format müßten jedoch noch untersucht werden.

12.1.3 Bewußtheit der Handlungsplanung?

Nach Neumann (1989, 1990) sind bewußte mentale Repräsentationen zur Erstellung eines Handlungsplans nötig. Andererseits wurde den Versuchspersonen in den Experimenten 3 und 4 die Verbindungen zwischen Zahlenwerten und Format nicht mitgeteilt und trotzdem fanden sie Zugang zum Handlungsplan. Wie aber schon in Experiment 3 und 4 diskutiert wurde, sollte dennoch davon ausgegangen werden, daß nur bewußt gesehene Merkmale in den Handlungsplan aufgenommen werden können.

Um dieser Frage genauer nachzugehen, wurde noch ein zu Experiment 3 „komplementäres“ Experiment gemacht. In diesem fand die Kopplung von Format und Zahlenwert auf der Ebene der Primesets statt. Die Zielreize kamen in beiden Formaten vor. In diesem Experiment zeigte sich zwar eine signifikante Interaktion zwischen der Kongruenz, dem Vorkommen des Zielreizes und des Primeformats, [$F(1,53;7,64) = 42,52$; $p = ,00$], diese

beruhte aber ausschließlich auf unterschiedlichen Reaktionszeiten in der identischen Bedingung (siehe Tabelle 5). Die Reaktionszeiten in den kongruenten und inkongruenten Bedingungen waren fast deckungsgleich. Die Ergebnisse dieses Experimentes sprachen (im Zusammenhang mit Experiment 3 und 4) eindeutig dafür, daß die aufzunehmenden Merkmale bewußt wahrgenommen werden müssen, auch wenn diese Wahrnehmung in der postexperimentellen Befragung nicht wiedergegeben werden konnte.

Tabelle 5: mittlere Reaktionszeiten (in ms) nach Kongruenz, Vorkommen des Zielreizes und Primeformat

| Kongruenz | Vorkommen des Zielreizes in diesem Format auch als Primes | | | |
|-------------|---|--------|-----------------|--------|
| | Kommt vor | | Kommt nicht vor | |
| | Zahlwort | Ziffer | Zahlwort | Ziffer |
| identisch | 513 | 469 | 487 | 514 |
| kongruent | 518 | 512 | 519 | 512 |
| inkongruent | 548 | 551 | 550 | 553 |

Auch Experiment 4 zeigte, daß die Versuchspersonen die Formatinkonsistenz der nicht-sichtbaren Primes nicht nutzen konnten. Debner und Jacoby (1994) gingen davon aus, daß nur bewußt wahrgenommene Information intentional eingesetzt werden kann. Um die Information der Formatinkonsistenz der Primes in Experiment 4 strategisch nutzen zu können, hätten diese demnach bewußt wahrgenommen werden müssen. Um trotzdem einen „Nutzen“ aus der Formatinformation ziehen zu können, wurden vielleicht einfach die Zahlwort-Primes „ignoriert“, während dies bei Ziffern aus den oben schon diskutierten Gründen nicht möglich war. Dies spricht alles dafür, daß in den Handlungsplan nur Merkmale aufgenommen werden, die bewußt gesehen (wenn auch vielleicht nicht immer „erkannt“) werden.

12.1.4 Wo greift der Handlungsplan bei der Primeverarbeitung ein?

Auch nicht bewußt wahrgenommene Reize werden kortikal verarbeitet (Eimer & Schlaghecken, 1998; Kiefer, 2002; Leuthold & Kopp, 1998). Naccache und Dehaene (2001b) zeigten, daß sowohl Zahlwörter als auch Ziffern, die nicht bewußt wahrgenommen wurden, die gleichen kortikalen Areale im Parietalcortex wie bewußt wahrgenommene Reize aktivierten. Die noch zu beantwortende Frage ist nun, wo die Weiterverarbeitung von

Primes beendet wurde, die nicht den im Handlungsplan spezifizierten Merkmalen entsprachen.

Es bieten sich zwei theoretische Möglichkeiten an. Ein Beendigung der Verarbeitung könnte schon auf der Ebene der visuellen Identifikation stattgefunden haben. So zeigte Desimone (1998, 1999), daß die Aktivität bestimmter Neurone bei Primaten im extrastriaten Cortex, die auf das Auftauchen bestimmter Objekte besonders aktiv reagierten, unterdrückt wurde, wenn diese Objekte gerade nicht den Zielreiz in einer Aufgabe darstellten, also nicht im Fokus der Aufmerksamkeit standen. Vielleicht fand ein ähnlicher Prozeß auch bei Zahlenreizen statt, wenn das jeweilige Format gerade nicht im Fokus der Aufmerksamkeit stand. Dabei bleibt unklar, warum dies für Zahlwörter, aber nicht für Ziffern geschah.

Zwar wird sowohl von einer unterschiedlichen visuellen Identifikation von Zahlwörtern und Ziffern (Cipolotti & Butterworth, 1995; Dehaene & Akhavein, 1995; Noel & Seron, 1992) als auch einer teilweise getrennten kortikalen Verarbeitung (Cipolotti, 1995; Fias et al., 2001) ausgegangen. Dies reicht aber als alleinige Erklärung für formatabhängige Priming-Effekte nicht aus, da sich schließlich auch formatunabhängige Priming-Effekte finden lassen. Eine Annahme der „Ausschaltung“ der Formatinformation nur auf der visuellen Ebene erscheint also nicht sinnvoll.

Eine weitere Möglichkeit besteht natürlich darin, daß die genaue Spezifikation des Formats erst auf der Ebene der Reaktionsvorbereitung einsetzte. Zieht man das von Vorberg und seinen Kollegen (in Druck) entwickelte Akkumulator-Modell heran, könnte es sein, daß die jeweiligen Akkumulatoren, die der Idee nach zu Beginn jeder Handlungsplanung eingerichtet wurden, sich nur auf Zahlwörter oder Ziffern spezialisierten. Die Akkumulatoren wurden durch die eintreffenden Informationen der Primes in die eine oder andere Richtung beeinflußt und konnten so die nachfolgende Reaktionsausführung auf den Zielreiz hemmen oder bahnen. Reagierten diese Akkumulatoren jetzt nur auf ein bestimmtes Format, konnten Primes in einem anderen Format keinen Einfluß ausüben – und es entstanden auch keine Priming-Effekte. Im Fall des Experiments 3 könnte es sogar sein, daß für jeden Zahlenwert mit dem spezifischen Format ein Akkumulator eingerichtet wurde.

Zur genauen Untersuchung der kortikalen Verarbeitung und damit auch zur Klärung, an welcher Stelle bestimmte Formate nicht mehr weiter verarbeitet werden, müssen jedoch Experimente, wie sie hier vorgestellt wurden, mit bildgebenden Verfahren durchgeführt werden.

12.1.5 Priming ohne Bewußtsein?

Um von einer Dissoziation zwischen bewußtem Erleben und Handeln ausgehen zu können, müssen die Primes nicht bewußt wahrgenommen worden sein oder die durch die Primes hervorgerufene mentale Repräsentation von der zur Handlung benötigten mentalen Repräsentation abweichen (Neumann, 1989). Kann hier davon ausgegangen werden? Um die Güte der eingesetzten Maskierungsmethode zu ermitteln, wurde in der letzten Sitzung jedes Experiments die Sichtbarkeit des Primes überprüft, indem die Versuchspersonen über die Parität des Primes entscheiden mußten. Bis auf wenige Ausnahmen unterschieden sich die meisten ermittelten d' -Werte nicht signifikant von 0. Eine nicht bewußte Wahrnehmung der Primes konnte somit angenommen werden. Diese Annahme wurde auch durch mehrere Punkte untermauert:

Zur Messung der bewußten Wahrnehmung wurde ein objektives Maß eingesetzt (Cheesmann & Merikle, 1984) und somit nach Merikle et al. (2001) eine konservative Messung der Wahrnehmbarkeit gewählt. In den subjektiven Berichten der Versuchspersonen in den postexperimentellen Befragungen meinten viele Versuchspersonen auch dann, wenn ihre individuellen Leistungen d' -Werte über 0 ergaben, nie einen Prime gesehen zu haben.

Durch den gewählten experimentellen Aufbau wurde zusätzlich möglichen methodischen Kritikpunkten begegnet. So waren die Bedingungen in den Sitzungen, in denen die unbewußte Wahrnehmung und in denen die bewußte Wahrnehmung gemessen wurde, gleich, wie es Holender (1986) und Reingold und Merikle (1988) forderten. Eventuelle Effekte der maskierten Primes können deshalb nicht auf veränderte Bedingungen zwischen den Sitzungen zurückgeführt werden. Auch kann nicht angenommen werden, daß sich die Schwelle des Bewußtseins verschob, wie Carr und Dagenbach (1986) bei Veränderung der Aufgabestellung feststellten, da in beiden Messungen die gleiche Aufgabe bearbeitet wurde. Durch die Messung der Sichtbarkeit am Ende des Experiments wurden zusätzlich eventuelle Übungseffekte aufgefangen (Hogben & Di Lollo, 1984).

Wie schon angesprochen, gab es große individuelle Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchspersonen, die sich nicht auf Übungseffekte zurückführen lassen, nahm keine Versuchsperson an mehreren Experimenten teil. Wie aber in Experiment 1 gezeigt und diskutiert wurde, hat die Güte der Maskierung keinen Effekt auf die Priming-Funktionen. Diese unterschieden sich nicht in Abhängigkeit von der Sichtbarkeit des Primes. Dieses invariante Priming (Vorberg et al., in Druck) konnte nur zustande kommen, wenn die

Mechanismen des Primings und der Maskierung verschieden waren. Unter diesen Annahmen ist ein Nachweis einer vollständigen Nullsensitivität nicht mehr nötig.

Auch Neumann (1989) wies darauf hin, daß zum Nachweis einer direkten Parameterspezifikation der Reiz nur eine andere als die zur Handlung erforderliche mentale Repräsentation auslösen muß, es muß nicht unbedingt keine bewußte mentale Repräsentation sein, wie bei dem eingangs geschilderten Experiment vom Bridgeman et al. (1981) zur induzierten Bewegung. Aufgrund dieser Überlegung konnte also davon ausgegangen werden, daß die Priming-Effekte unabhängig von der jeweiligen Sichtbarkeit der Primes waren. Von einer Dissoziation zwischen Handeln und Erleben konnte also ausgegangen werden.

12.2 Konsequenzen für weitere Erklärungstheorien

Neben der Theorie der direkten Parameterspezifikation lieferten auch Ideen zur automatischen Aktivierungsausbreitung und zu zwei getrennten kortikalen Verarbeitungspfaden Ansätze zur Erklärung von Priming-Effekten. Diese beiden Theorien können jedoch keine formatabhängigen Priming-Effekte erklären.

Naccachae und Dehaene (2001a) erklärten z.B. ihre Ergebnisse der Antwortset-Abhängigkeit bei der Größenentscheidungsaufgabe mit der Annahme einer automatischen Aktivierungsausbreitung auf alle Mitglieder einer semantischen Antwortklasse. Die Besonderheiten bei dem verwendeten Zahlenmaterial, die diese Antwortset-Abhängigkeit im Rahmen der direkten Parameterspezifikation erklären könnten, wurden schon oben (siehe S. 120) diskutiert.

Ohne in die genauen Unterschiede zwischen den einzelnen Theorievorschlägen (siehe Neely, 1991) einzusteigen, wird jedoch schnell deutlich, daß die hier gefundenen format-spezifischen Priming-Effekte nur schwer mit einer Theorie erklärt werden können, in der davon ausgegangen wird, daß automatisch alle Vertreter einer semantischen Klasse mitaktiviert werden. Effekte unbewußt wahrgenommener Primes entstehen demnach erst nach einer vollständigen Verarbeitung der äußeren Form, wenn die semantische Bedeutung des Reizes, bei Zahlen also die Größeninformation (Koechlin et al., 1999), erreicht ist.

Eine automatische Aktivierung der Größenrepräsentation müßte sich entlang des mentalen Zahlenstrahls (Restle, 1970; den Heyer & Briand, 1986) ausbreiten. Es fehlen jedoch Erklärungsansätze, warum dies für Ziffern und Zahlwörter in unterschiedlicher Weise

geschehen sollte. Auch dürfte das Vorkommen des Primes in einem bestimmten Zielreiz-Format nicht die Priming-Effekte beeinflussen. Wenn es wirklich zu einer automatischen Aktivierung semantisch ähnlicher Reize, also solcher mit ähnlicher Größe, kommen sollte, müßte diese auch unabhängig davon sein, ob der Prime gerade in einem Format gezeigt wird, in dem er als Zielreiz vorkommt oder nicht vorkommt. Eigentlich müßte in diesem Fall, wie bei Naccache und Dehaene, eine Aktivierungsausbreitung auf alle Zahlen unabhängig vom Format erfolgen.

Auch Milner und Goodales (1995, 1998) Annahmen können die Formatabhängigkeit nicht ohne Zusatzannahmen erklären. Milner und Goodale nahmen grundsätzlich an, daß die kortikale Verarbeitung für unterschiedliche Reizinformationen („Was“ und „Wozu“) in zwei getrennten kortikalen Pfaden verarbeitet wird. Warum jedoch in Abhängigkeit von dem jeweiligen Zielreiz-Set das eine oder andere Format verarbeitet bzw. nicht verarbeitet wurde, bleibt unklar. Auch eine Annahme, daß die Ziffern und die Zahlwörter in unterschiedlichen Endmodulen landen, die mit den Effektorsystemen verbunden sind, läßt sich physiologisch nicht belegen, selbst wenn von einer unterschiedlichen kortikalen Verarbeitung wie bei Fias et al (2001) ausgegangen werden sollte, für die jedoch auch noch weitere Belege fehlen.

Im Vergleich zur direkten Parameterspezifikation weisen diese beiden Theorien zusätzlich zu den schon eingangs besprochen Problemen Defizite beim Erklären formatabhängiger Priming-Effekte auf, die nur durch Zusatzannahmen zu lösen sind.

12.3 Modelle der kognitiven Zahlenverarbeitung

Formatabhängige Effekte bei der Zahlenverarbeitung lassen sich im Rahmen des Triple-Code-Modells von Dehaene (1992) oder in dem neueren Modell von Koechlin et al. (1999) erklären, jedoch nicht innerhalb der Modelle von Campbell und Clark (1988) und von McCloskey und seinen Kollegen (McCloskey, 1992; McCloskey & Macaruso, 1995).

Das von McCloskey vorgeschlagene Modell geht davon aus, daß alle Zahlen in eine formatunspezifische Größenrepräsentation umgewandelt werden, mit deren Hilfe sämtliche mentale Operationen durchgeführt werden und in der demnach auch die Priming-Effekte stattfinden müssen. Ein Entstehen formatabhängiger Priming-Effekte könnte natürlich auch auf der Ebene der formatspezifischen Ein- bzw. Ausgabemodule passieren, es be-

dürfte dann jedoch einer Zusatznahme, warum dies nur die Zahlwort-Module für Primes betrifft. Auch der Einfluß des Vorkommens ließe sich so nicht erklären.

Campbell und Clark (1988) nehmen hingegen an, daß sich die Art und Weise durchgeführter mentaler Operationen mit Zahlen je nach Eingabeformat unterscheidet. Dies läßt sich zwar mit einem formatabhängigen Priming-Effekt vereinbaren, kann aber nicht erklären, wieso es formatunabhängige Priming-Effekte geben kann. Wie in Experiment 1 gezeigt, kann es formatabhängige und -unabhängige Priming-Effekte innerhalb derselben Versuchsperson geben.

Dehaenes (1992) Triple-Code-Modell kann, wie oben schon erläutert wurde, die Asymmetrie in der Formatspezifität zwischen Ziffern und Zahlwörtern erklären. Allerdings kann es nicht erklären, warum bei gleicher Paritätsentscheidungsaufgabe in Experiment 3 auch Ziffern-Primes, die nicht in diesem Format als Zielreiz vorkamen, nicht zu Priming-Effekten führten. Zur Überprüfung müßten diese Experimente mit einer anderen Aufgabe, z.B. einer Größenentscheidung, wiederholt werden. Fällt dann die Asymmetrie zwischen Ziffern und Zahlwörtern weg, wäre dies ein Beleg dafür, daß Paritätsentscheidungen immer im Ziffern-Code gefällt werden.

Allerdings stellten auch schon die Ergebnisse von Koechlin et al. (1999) die von Dehaene angenommenen drei Verarbeitungscodes und vor allem die formatunabhängige Größenrepräsentation in Frage. Koechlin und ihre Kollegen nahmen vielmehr formatspezifische Größenrepräsentationen an, die allen weiteren Operationen vorgeschaltet sind. Formatabhängige Priming-Effekte könnten dann entstehen, wenn die Größenrepräsentationen für ein Format ausgeschaltet werden (ein weiterer Punkt, an dem der Handlungsplan eingreifen könnte). Wenn die entsprechenden Größenrepräsentationen nicht aktiviert werden, können auch keine Priming-Effekte entstehen.

Aber auch hier zeigen sich einige Probleme. So muß auch hier geklärt werden, warum dieses angenommene Ausschalten nicht für Ziffern entsteht. Zusätzlich müßte der Mechanismus des Ausschaltens geklärt werden. Hinzu kommt, daß Koechlin et al. die Effekte des Formats nur für Quantitäts-Priming, aber nicht für das hier untersuchte Reaktions-Priming fanden.

12.4 Fazit und Ausblick

Die hier gefundene Formatabhängigkeit der Effekte eines Priming-Paradigmas weisen darauf hin, daß das Format, also die äußere Form eines Reizes, in den Handlungsplan aufgenommen wurde, auch wenn es nichts mit der zu bearbeitenden Aufgabe zu tun hatte. Dabei könnte es sein, daß es eine Hierarchie der Merkmale gibt, die in den Handlungsplan aufgenommen werden können. Gibt es im Handlungsplan nur Platz für eine bestimmte Anzahl an Parametern (was auf den ersten Blick plausibel erscheint, aber noch nicht untersucht wurde), können nicht alle Merkmale aufgenommen werden, auch wenn sie zusätzliche Informationen liefern. Innerhalb der möglichen Merkmale könnte es also eine hierarchische Abstufung je nach Wichtigkeit des Merkmals geben.

Die wichtigsten Merkmale sind natürlich die aufgabenrelevanten Merkmale, wie z.B. die Parität einer Zahl. Daneben können jedoch auch andere Merkmale aufgenommen werden, wenn sich ein kognitiver Nutzen, wie z.B. Reduzierung der zu beachtenden Reize, ergibt. Ist der Platz im Handlungsplan jedoch mit wichtigen Informationen ausgefüllt, weil z.B. wie in Experiment 5 zwei unterschiedliche Aufgabenmerkmale aufgenommen werden müssen, dann werden weiter unten in der Hierarchie stehende Merkmale nicht mehr beachtet.

Aus diesen Erkenntnissen ergeben sich jedoch noch eine Reihe weiterer Fragen, die in nachfolgenden Untersuchungen analysiert werden müßten. So lassen sich neben dem Format auch noch andere Merkmale ausdenken, die zu einem Nutzen führen könnten, auch wenn sie nicht mit der Aufgabe zusammenhängen, wie z.B. Farbe oder Größe. Zusätzlich sollte untersucht werden, wieviel an Informationen in den Handlungsplan aufgenommen werden kann, so daß dieser trotzdem noch arbeitsfähig bleibt. Desgleichen sollte die mögliche Komplexität von aufzunehmenden Merkmalen untersucht werden – ob sich z.B. auch konjunktive oder disjunktive Merkmale aufnehmen lassen? Dissoziationen zwischen Erleben und Handeln bleiben also auch weiterhin ein ergiebiges Forschungsthema.

13 Zusammenfassung

Dissoziationen zwischen der bewußten Wahrnehmung einer Situation und dem Handeln in dieser Situation treten im alltäglichen Leben, bei neurologischen Patienten und auch bei Experimenten zu unbewußten Priming-Effekten auf. Nach Neumanns (1989) Theorie der direkten Parameterspezifikation können nicht bewußt wahrgenommene Reize dann auf motorische Handlungsparameter wirken (und somit Priming-Effekte hervorrufen), wenn sie mit in einem Handlungsplan spezifizierten Merkmalen übereinstimmen. Die motorischen Parameter werden dann direkt, d.h. ohne die Entstehung einer bewußten mentalen Repräsentation, spezifiziert.

Neumann machte jedoch keine genauen Aussagen darüber, ob nur jeweils aufgabenrelevante Merkmale in den Handlungsplan aufgenommen werden oder ob dies auch für aufgabenirrelevante Merkmale möglich ist. In dieser Arbeit wurde die Rolle dieser aufgabenirrelevanten Merkmale am Beispiel des Merkmals „Format“ bei der Handlungsplanung untersucht.

Als Zielreize dienten einstellige Zahlen, die in zwei unterschiedlichen äußeren Formen oder Formaten vorkommen konnten: als Ziffern („1111“) oder als Zahlwörter („EINS“). Das Format der Zahlen war insofern aufgabenirrelevant, da die Versuchspersonen über die Parität oder die Größe (in Experiment 5) der Zahlen entscheiden mußten. Jeder Zielzahl ging eine maskierte Primezahl voran, die identisch (gleicher Zahlenwert), kongruent (gleiche Parität) oder inkongruent (andere Parität) zu dem Zielreiz sein konnte. Üblicherweise äußern sich die Priming-Effekte, indem auf identische und kongruente Paare schneller reagiert wird als auf inkongruente. Der Einfluß des Formats wurde untersucht, indem es formatkonsistente (gleiches Format) und -inkonsistente Reizpaare gab. Je nach Formatkonsistenz wurden unterschiedliche Priming-Effekte erwartet.

Sahen die Versuchspersonen nur Ziffern als Zielreize, führten auch nur formatkonsistente Ziffern-Primes zu Priming-Effekten (Experiment 1), während bei Zahlwort-Zielreizen Primes in beiden Formaten zu Kongruenzunterschieden führten. Sahen die Versuchspersonen jedoch beide Zielreizformate, führten auch beide Primeformate zu Effekten. Die formatspezifischen Effekte, die auftraten, wenn die Versuchspersonen nur Ziffern sahen, wiesen darauf hin, daß das Format in den Handlungsplan aufgenommen wurde. Dies schien jedoch auch reversibel zu sein, wenn sich die eingehenden Umweltbedingungen (also die Formate im Zielreiz-Set) änderten.

In einem zweiten Experiment wurde die „Dauer“ eines Handlungsplans untersucht. Das Format der Zielreize wechselte in jedem neuen Versuchblock, die Dauer eines speziellen Formates war somit kürzer als im ersten Experiment. Die Versuchspersonen sahen auch innerhalb einer Sitzung beide Formate. Es fanden sich trotzdem für Ziffern-Zielreize nur formatspezifische Priming-Effekte, für Zahlwort-Zielreize aber formatunspezifische Effekte.

Danach wurde die mögliche „Feinheit“ der Spezifikationen im Handlungsplan untersucht. Wurden einzelne Zahlenwerte mit einem bestimmten Format im Zielreiz-Set gekoppelt, führten nur Primes, die in einem Format gezeigt wurden, in dem sie auch als Zielreiz vorkamen, zu Priming-Effekten (Experiment 3). Dies war unabhängig von dem jeweiligen Format. Waren die Primes in dem gleichen Fall jedoch immer formatinkonsistent (Experiment 4), fanden sich nur für Ziffern-Primes Effekte, obwohl die jeweiligen Zahlenwerte in diesem Format nicht im Zielreiz-Set vorkamen.

Zuletzt wurde das Verhältnis von Aufgaben- und Formatmerkmalen untersucht (Experiment 5). Die Versuchspersonen mußten entweder über die Parität oder die Größe der Zahlen entscheiden. Das Format konnte die Aufgabe unterstützen oder nicht unterstützen. Dies hatte jedoch keinen Einfluß auf das Muster der Priming-Effekte.

Die Ergebnisse weisen also darauf hin, daß auch aufgabenirrelevante Merkmale mit in den Handlungsplan aufgenommen werden können – allerdings nur, wenn durch das Format eine zusätzliche Information geliefert wird. Sind die aufgabenrelevanten Merkmale jedoch schon sehr komplex, weil z.B. die Handlungsplanung durch einen Aufgabenwechsel zu beansprucht wird, wird das Format nicht berücksichtigt. Es könnte deshalb sein, daß es eine Hierarchie innerhalb der Merkmale gibt, die in den Handlungsplan (bei begrenztem Platz) aufgenommen werden können.

14 Literaturverzeichnis

- Abrams, R.L. & Greenwald, A.G. (2000). Parts outweigh whole (word) in unconscious analysis of meaning. *Psychological Science*, 11, 118-124.
- Alpern, M. (1953). Metacontrast. *Journal of the Optical Society of America*, 43, 648-657.
- Ansorge, U., Klotz, W. & Neumann, O. (1998). Manual and verbal responses to completely masked (unreportable) stimuli: Exploring some conditions for the metacontrast dissociation. *Perception*, 27, 1177-1189.
- Becker, S., Moscovitch, M., Behrman, M. & Joordens, S. (1997). Long-term semantic priming: A computational account and empirical evidence. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 23, 1059-1082.
- Binnewies, C., Steiner, U. & Vorberg, D. (2002). Priming durch maskierte Wörter - Wirklich ein semantischer Effekt? *Poster präsentiert auf der 44. Tagung der experimentell arbeitenden Psychologen*, Chemnitz, 25. - 27. März, 2002.
- Blankenberger, S. & Vorberg, D. (1997). The single format assumption in arithmetic fact retrieval. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 23, 721-738.
- Breitmeyer, B.G. (1984). *Visual masking: An integrative approach*. Oxford: University Press.
- Breitmeyer, B.G., Clark, C.D., Hogben, J.H. & Di Lollo, V. (1991). Metacontrast masking in relation to stimulus size and intensity. *Schweizerische Zeitschrift für Psychologie*, 50, 87-96
- Breitmeyer, B.G. & Ganz, L. (1976). Implications of sustained and transient channels for theories of visual pattern masking, saccadic suppression, and information processing. *Psychological Review*, 83, 1-36.
- Breitmeyer, B.G. & Ogmen, H. (2000). Recent models and findings in visual backward masking: A comparison, review, and update. *Perception & Psychophysics*, 62, 1572-1595.
- Bridgeman, B. (1971). Metacontrast und lateral inhibition. *Psychological Review*, 78, 528-539.
- Bridgeman, B. (1999). Two visual brains in action. *Psyche*, 5, <http://psyche.cs.monash.edu.au/v5/psyche-5-18-bridgeman.html>

- Bridgeman, B., Kirch, M. & Sperling, A. (1981). Segregation of cognitive and motor aspects of visual function using induced motion. *Perception & Psychophysics*, 29, 336-342.
- Bruno, N. (2001). When does action resist visual illusions? *Trends in Cognitive Sciences*, 5, 379-382.
- Brysbaert, M. (1995). Arabic number reading: On the nature of the numerical scale and the origin of phonological recoding. *Journal of Experimental Psychology: General*, 124, 434-452.
- Campbell, J.I.D. (1994). Architectures for numerical cognition. *Cognition*, 53, 1-44.
- Campbell, J.I.D. & Clark, J.M. (1988). An encoding-complex view of cognitive number processing: Comment on McCloskey, Sokol and Goodman (1986). *Journal of Experimental Psychology: General*, 117, 204-214.
- Carr, T.H. & Dagenbach, D. (1986). Now you see it, now you don't: Relations between semantic activation and awareness. *The Behavioral and Brain Sciences*, 9, 26-27.
- Carr, T.H. & Dagenbach, D. (1990). Semantic priming and repetition priming from masked words: Evidence for a center-surround attentional mechanism in perceptual recognition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16, 341-350
- Caramazza, A. & Costa, A. (2000). The semantic interference effect in the picture-word interference paradigm: does the response set matter? *Cognition*, 75, B51-B64.
- Cheesman, J. & Merikle, P.M. (1984). Priming with and without awareness. *Perception & Psychophysics*, 36, 387-395.
- Cipolotti, L. (1995). Multiple routes for reading words, why not numbers? Evidence from a case of arabic numeral dyslexia. *Cognitive Neuroscience*, 12 (3), 313-342.
- Cipolotti, L. & Butterworth, B. (1995). Toward a multiroute model of number processing: Impaired number transcoding with preserved calculation skills. *Journal of Experimental Psychology: General*, 124, 375-390.
- Collins, A.M. & Loftus, E.F. (1975). A spreading-activation theory of semantic processing. *Psychological Review*, 82, 407 - 428.
- Cowey, A. & Stoerig, P. (1991). Reflections on blindsight. In A.D. Milner & M.D. Rugg (Eds.), *The Neuropsychology of Consciousness*. London: Academic Press, pp. 11-37.

- Dagenbach, D., Carr, T.H. & Wilhelmsen, A. (1989). Task-induced strategies and near-threshold-priming: Conscious influences on unconscious perception. *Journal of Memory and Language*, 28, 412-443.
- Damian, M.F. (2001). Congruity effects evoked by subliminally presented primes: Automaticity rather than semantic processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27, 154-165.
- Debner, J.A. & Jacoby, L.L. (1994). Unconscious perception: Attention, awareness, and control. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20, 304-317.
- Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, 44, 1-42.
- Dehaene, S. (1996). The organization of brain activations in number comparison: Event-related potentials and the additive-factors method. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 8, 47-68.
- Dehaene, S. & Mehler, J. (1992). Cross-linguistic regularities in the frequency of number words. *Cognition*, 43, 1-29.
- Dehaene, S. & Akhavein, R. (1995). Attention, automaticity, and levels of representation in number processing. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21, 314-326.
- Dehaene, S., Naccache, L., Le Clec'H, G., Koechlin, E., Mueller, M., Dehaene-Lambertz, E., Moortele, P.F. van de & Le Bihan, D. (1998). Imaging unconscious semantic priming. *Nature*, 395, 597-600.
- Dehaene, S. & Naccache, L. (2001). Towards a cognitive neuroscience of consciousness: basic evidence and a workspace framework. *Cognition*, 79, 1-37.
- Dehaene, S., Naccache, L., Cohen, L., Le Bihan, D., Mangin, J.-F., Poline, J.-B. & Rivière, D. (2001). Cerebral mechanisms of word masking and unconscious repetition priming. *Nature Neuroscience*, 4, 752-758.
- den Heyer, K. & Briand, K. (1986). Priming single digit numbers: Automatic spreading activation dissipates as a function of semantic distance. *American Journal of Psychology*, 99, 315 - 340.
- Desimone, R. (1998). Visual attention mediated by biased competition in extrastriate visual cortex. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 353, 1245 - 1255.

- Desimone, R. (1999). Visual attention mediated by biased competition in extrastriate visual cortex. In G.W. Humphreys, J. Duncan & A. Treisman (Eds.), *Attention, Space and Action. Studies in Cognitive Neuroscience*. Oxford: University Press, pp. 13-30.
- Di Lollo, V., Bischof, W.F. & Dixon, P. (1993). Stimulus-onset asynchrony is not necessary for motion perception or metacontrast masking. *Psychological Science*, 4, 260-263.
- Di Lollo, V., Enns, J.T. & Rensink, R.A. (2000). Competition for consciousness among visual events: The psychophysics of reentrant visual processes. *Journal of Experimental Psychology: General*, 129, 481-507.
- Dosher, B.A. (1998). The response-window regression method – some problematic assumptions: Comment on Draine and Greenwald (1998). *Journal of Experimental Psychology: General*, 127, 311-317.
- Draine, S.C. & Greenwald, A.G. (1998). Replicable unconscious semantic priming. *Journal of Experimental Psychology: General*, 127, 286-303.
- Driver, J. & Vuilleumier, P. (2001). Perceptual awareness and its loss in unilateral neglect and extinction. *Cognition*, 79, 39-88.
- Eimer, M. & Schlaghecken, F. (1998). Effects of masked stimuli on motor activation: Behavioral and electrophysiological evidence. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 1737- 1745.
- Enns, J.T. & Di Lollo, V. (1997). Object substitution: A new form of masking in unattended visual locations. *Psychological Science*, 8, 135 - 139.
- Enns, J.T. & Di Lollo, V. (2000). What's new in visual masking. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 345-352.
- Eriksen, C.W., Becker, B.A. & Hoffman, J.E. (1970). Safari to masking land: A hunt for the elusive U. *Perception & Psychophysics*, 1, 87-92.
- Fehrer, E. & Biederman, I. (1962). A comparison of reaction time and verbal reports in the detection of masked stimuli. *Journal of Experimental Psychology*, 64, 126-130.
- Fehrer, E. & Raab, D. (1962). Reaction time to stimuli masked by metacontrast. *Journal of Experimental Psychology*, 63, 143-147.

- Fias, W., Reynvoet, B. & Brysbaert, M. (2001). Are arabic numerals processed as pictures in a stroop interference task? *Psychological Research*, 65, 242-249.
- Francis, G. (1997). Cortical dynamics of lateral inhibition: Metacontrast masking. *Psychological Review*, 104, 572-594.
- Francis, G. (2000). Quantitative theories of metacontrast masking. *Psychological Review*, 107, 768-785.
- Franz, V.H. (2001). Action does not resist visual illusions. *Trends in Cognitive Sciences*, 5, 457-459.
- Franz, V.H., Fahle, M., Bühlhoff, H.H. & Gegenfurtner, K.R. (2001). Effects of visual illusions on grasping. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27, 1124 - 1144.
- Giesbrecht, B. & Di Lollo, V. (1998). Beyond the attentional blink: Visual masking by object substitution. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 1454-1466.
- Goldberg, G. (1997). *Neuropsychologie: Grundlagen, Klinik, Rehabilitation*. Stuttgart [u.a.]: G. Fischer.
- Greenwald, A.G., Draine, S.C. & Abrams, R.L. (1996). Three cognitive markers of unconscious semantic activation. *Science*, 273, 1699-1702.
- Greenwald, A.G., Klinger, M.R. & Schuh, E.S. (1995). Activation of marginally perceptible ("subliminal") stimuli: Dissociation of unconscious from conscious cognition. *Journal of Experimental Psychology: General*, 124, 22-42.
- Heinrich, U. (1999). *Das Metakontrast-Dissoziations-Paradigma: Eine Untersuchung zu Priming-Effekten bei semantischer Kongruenz*. Unveröffentlichte Diplomarbeit. WWU Münster, September 1999.
- Heinrich, U., Vorberg, D. & Zwitserlood, P. (2000). Semantisches Priming durch meta-kontrast-maskierte Reize. *Poster präsentiert auf der 42. Tagung der experimentell arbeitenden Psychologen*, Braunschweig, 3.-6. April, 2000.
- Hogben, J.H. & Di Lollo, V. (1984). Practice reduces suppression in metacontrast and in apparent motion. *Perception & Psychophysics*, 35, 331-445.
- Holender, D. (1986). Semantic activation without conscious identification in dichotic listening, parafoveal vision, and visual masking: A survey and appraisal. *The Behavioral and Brain Sciences*, 9, 1-66.

- Jack, A.I. & Shallice, T. (2001). Introspective physicalism as an approach to the science of consciousness. *Cognition*, 79, 161-196.
- Jiang, Y. & Chun, M.M. (2001). Asymmetric object substitution masking. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27, 895 - 918.
- Joordens, S. & Becker, S. (1997). The long and short of semantic priming effects in lexical decision. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 23, 1083-1105.
- Joordens, S. & Merikle, P.M. (1993). Independence or redundancy? Two models of conscious and unconscious influences. *Journal of Experimental Psychology: General*, 12, 462-467.
- Kahneman, D. (1968). Method, findings, and theory in studies of visual masking. *Psychological Bulletin*, 70, 404-425.
- Kellenbach, M.L., Wijers, A.A. & Mulder, G. (2000). Visual semantic features are activated during the processing of concrete words: event-related potential evidence for perceptual semantic priming. *Cognitive Brain Research*, 10, 67-75.
- Kibele, A., Klotz, W. & Neumann, O. (in Vorbereitung). Motor responses to completely masked stimuli: A comparison of four modes of responding.
- Kiefer, M. (2002). The N400 is modulated by unconsciously perceived masked words: Further evidence for an automatic spreading activation account of N400 priming. *Cognitive Brain Research*, 13, 27-39.
- Kirk, R.E. (1982). *Experimental Design. Procedures for the Behavioral Sciences*. Pacific Grove, Ca: Brooks/Cole Publishing Company. 2nd Edition.
- Klinger, M.R., Burton, P.C. & Pitts, G.S. (2000). Mechanisms of unconscious priming: I. Response competition, not spreading activation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26, 441-455.
- Klotz, W. & Neumann, O. (1999). Motor activation without conscious discrimination in metacontrast masking. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25, 976-992.
- Klotz, W. & Wolff, P. (1995). The effect of a masked stimulus on the response to the masking stimulus. *Psychological Research*, 58, 92-101.

- Koechlin, E., Naccache, L., Block, E. & Dehaene, S. (1999). Primed numbers: Exploring the modularity of numerical representations with masked and unmasked semantic priming. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25, 1882-1905.
- Koivisto, M. & Revonsuo, A. (2000). Semantic priming by pictures and words in the cerebral hemispheres. *Cognitive Brain Research*, 10, 91-98.
- Koivisto, M. & Revonsuo, A. (2001). Cognitive representations underlying the N400 priming effect. *Cognitive Brain Research*, 12, 487-490.
- Kolers, P.A. (1962). Intensity and contour effects in visual masking. *Vision Research*, 2, 277-294.
- Lefton, L.A. (1972). Metacontrast: A review. *Psychonomic Monograph Supplements*, 4, 245-255.
- Leuthold, H. & Kopp, B. (1998). Mechanisms of priming by masked stimuli. *Psychological Science*, 9, 263-269.
- Macaruso, P. McCloskey, M. & Aliminosa, D. (1993). The functional architecture of the cognitive numerical-processing system: Evidence from a patient with multiple impairments. *Cognitive Neuropsychology*, 10, 341-376.
- Marcel, A.J. (1983a). Conscious and unconscious perception: Experiments on visual masking and word recognition. *Cognitive Psychology*, 15, 197-237.
- Marcel, A.J. (1983b). Conscious and unconscious perception: An approach to the relations between phenomenal experience and perceptual processes. *Cognitive Psychology*, 17, 238 - 300.
- Marsolek, C.J., Kosslyn, S.M. & Squire, L.R. (1992). Form-specific visual priming in the right cerebral hemisphere. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 18, 492-508.
- Masson, M.E.J. (1995). A distributed memory model of semantic priming. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21, 3-23.
- McCloskey, M. (1992). Cognitive mechanisms in numerical processing: Evidence from acquired dyscalculia. *Cognition*, 44, 107-157.
- McCloskey, M. & Macaruso, P. (1995). Representing and using numerical information. *American Psychologist*, 50, 351-363.

- McNamara, T.P. (1992). Theories of priming: I. Associative distance and lag. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18, 1173-1190.
- Merikle, P.M. (1982). Unconscious perception revisited. *Perception & Psychophysics*, 31, 298-301.
- Merikle, P.M. (1992). Perception without awareness: Critical issues. *American Psychologist*, 47, 792-795.
- Merikle, P.M. & Reingold, E.M. (1991). Comparing direct (explicit) and indirect (implicit) measures to study unconscious memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 17, 224-233.
- Merikle, P.M. & Joordens, S. (1997). Parallels between perception without attention and perception without awareness. *Consciousness and Cognition*, 6, 219-236.
- Merikle, P.M. & Reingold, E.M. (1998). On demonstrating unconscious perception: Comment on Draine and Greenwald (1998). *Journal of Experimental Psychology: General*, 127, 304-310.
- Merikle, P.M., Smilek, D. & Eastwood, J.D. (2001). Perception without awareness: perspectives from cognitive psychology. *Cognition*, 79, 115-134.
- Milner, A.D. & Goodale, M.A. (1995). *The visual brain in action*. Oxford: University Press.
- Milner, A.D. & Goodale, M.A. (1998). The visual brain in action. *Psyche: An Interdisciplinary Journal of Research on Consciousness*, 4, <http://psyche.cs.monash.edu.au/v4/psyche-4-12-milner.html>
- Moyer, R.S. & Landauer, T.K. (1967). Time required for judgments of numerical inequality. *Nature*, 215, 1519-1520.
- Naccache, L. & Dehaene, S. (2001a). Unconscious semantic priming extends to novel unseen stimuli. *Cognition*, 80, 215-229.
- Naccache, L. & Dehaene, S. (2001b). The priming method: Imaging unconscious repetition priming reveals an abstract representation of number in the parietal lobes. *Cerebral Cortex*, 11, 966-974.
- Neely, J.H. (1991). Semantic priming effects in visual word recognition: a selective review of current findings and theories. In: D.Besner. & G.W.Humphreys (Eds.), *Basic Processes in Reading - Visual Word Recognition*. LEA: Hillsdale, NY, Hove.

- Neumann, O. (1989). Kognitive Vermittlung und direkte Parameterspezifikation. Zum Problem mentaler Repräsentation in der Wahrnehmung. *Sprache und Kognition*, 8, 32-49.
- Neumann, O. (1990). Direct parameter specification and the concept of perception. *Psychological Research*, 52, 207-215.
- Neumann, O. & Klotz, W. (1994). Motor response to non-reportable, masked stimuli: Where is the limit of direct parameter specification? In C. Umiltà & M. Moscovitch (Eds.), *Attention and Performance XV. Conscious and non-conscious information processing*.
- Neumann, O., Ansorge, U. & Klotz, W. (1998). Funktionsdifferenzierung im visuellen Kortex: Grundlage für motorische Aktivierung durch nicht bewußt wahrgenommene Reize. *Psychologische Rundschau*, 49, 185-196.
- Noel, M.-P. & Seron, X. (1992). Notational constraints and number processing: A reappraisal of the Gonzalez and Kolers (1982) Study. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 45A, 451-478.
- Pavese, A. & Umiltà, C. (1998). Symbolic distance between numerosity and identity modulates stroop interference. *Journal of Experimental Psychology: Human perception and Performance*, 24, 1535-1545.
- Petit, J.-P. & Grainger, J. (2002). Masked partial priming of letter perception. *Visual Cognition*, 9, 337-353.
- Rees, G., Wojciulik E., Clarke, K., Husain, M., Frith, C. & Driver, J. (2000). Unconscious activation of visual cortex in the damaged right hemisphere of a parietal patient with extinction. *Brain*, 123, 1624-1633.
- Reingold, E.M. & Merikle, P.M. (1988). Using direct and indirect measures to study perception without awareness. *Perception & Psychophysics*, 44, 563-575.
- Restle, F. (1970). Speed of adding and comparing numbers. *Journal of Experimental Psychology*, 83, 274-278.
- Schendzielarz, I. (2002). *Distance and priming effects in number comparison*. Unveröffentlichte Diplomarbeit. TU Braunschweig.
- Schlaghecken F. & Eimer, M. (2002). Motor activation with and without inhibition: Evidence for a threshold mechanism in motor control. *Perception & Psychophysics*, 64, 148-162.

- Schmidt, T. (2000). Visual perception without awareness: Priming responses by color. In T. Metzinger (Ed.), *Neural correlates of consciousness: Empirical and conceptual questions*. Cambridge, MA: MIT Press. pp. 157-169
- Schwarzbach, J. (1999). *Priming of eye movements by masked stimuli*. Doktorarbeit TU Braunschweig.
- Shepard, R.N., Kilpatrick, D.W. & Cunningham, J.P. (1975). The internal representation of numbers. *Cognitive Psychology*, 7, 82 - 138.
- Steglich, C. & Neumann, O. (2000). Temporal, but not spatial context modulates a masked prime's effect on temporal order judgement, but not on response latency. *Psychological Research*, 63, 36-47.
- Stigler, R. (1910). Chronophotische Studien über den Umgebungskontrast. *Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie der Menschen und der Tiere*, 134, 365-435.
- Treisman, A. (1999). Feature binding, attention and object perception. In G.W. Humphreys, J. Duncan & A. Treisman, (Eds.), *Attention, Space and Action. Studies in Cognitive Neuroscience*. Oxford: University Press, chap. 6.
- Treisman, A.M. & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97-136.
- Tzelgov, J., Meyer, J. & Henik, A. (1992). Automatic and intentional processing of numerical information. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18, 166-179.
- Underwood, G. & Batt, V. (1996). *Reading and Understanding. An Introduction to the Psychology of Reading*. Oxford: Blackwell Publishers.
- Ungerleider, L.G. & Mishkin, M (1982). Two cortical visual systems. In D.J. Ingel, M.A. Goodale & R.J.W. Mansfield (Eds.), *Analysis of visual behavior*. Cambridge, MA: MIT Press. pp. 549 - 586.
- Van Essen, D.C. & Deyoe, E.A. (1995). Concurrent processing in the primate visual cortex. In M.S. Gazzaniga (Ed.), *The Cognitive Neuroscience*, Cambridge, MA: Bradford Books. pp. 383-400.
- Vorberg, D. & Blankenberger, S. (1993). Mentale Repräsentationen von Zahlen. *Sprache und Kognition*, 12, 98-114.

- Vorberg, D., Mattler, U., Heinecke, A. Schmidt, T. & Schwarzbach, J. (in press). Invariant time-course of priming with and without awareness. In: C. Kaernbach, E. Schröger & H. Müller (Eds.): *Psychophysics beyond sensation: Laws and invariants of human cognition*. Hillsdale, N.J.: L. Earlbaum.
- Weiskrantz, L. (1986). *Blindsight. A case study and implications*. Oxford, Clarendon Press.
- Weinstein, N. (1968). A Rashevsky-Landahl neural net: Simulation of metacontrast. *Psychological Review*, 75, 494-521.
- Werner, H. (1935). Studies on contour: I. Qualitative analysis. *American Journal of Psychology*, 47, 40 - 64.

Anhang A zu Experiment 1

Varianzanalyse für die Gesamtgruppe (Sitzung 1 - 4)

Reaktionszeiten

| Faktor | Freiheitsgrade | F-Wert | p-Wert |
|------------------------------------|----------------|--------|--------|
| SOA | 2,14; 19,28 | 2,861 | ,079 |
| Formatkonsistenz | 1; 9 | 1,323 | ,280 |
| Kongruenz | 1,2; 10,8 | 45,033 | ,000 |
| SOA * Formatkonsistenz | 2,84; 25,59 | ,748 | ,527 |
| SOA * Kongruenz | 6; 54 | 12,004 | ,000 |
| Formatkonsistenz * Kongruenz | 1,93; 17,38 | 12,717 | ,000 |
| SOA * Formatkonsistenz * Kongruenz | 3,49; 31,48 | 2,777 | ,050 |

Formatkonsistenz * Kongruenz¹

| Formatkonsistenz | Kongruenz | Mittelwert | N | Standard-abweichung | Standardfehler des Mittelwertes |
|--------------------|-------------|------------|----|---------------------|---------------------------------|
| formatkonsistent | identisch | 496,69 | 10 | 81,61 | 25,8 |
| | kongruent | 515,18 | 10 | 76,5 | 24,19 |
| | inkongruent | 541,44 | 10 | 74,53 | 23,56 |
| formatinkonsistent | identisch | 510,41 | 10 | 73,71 | 23,31 |
| | kongruent | 517,72 | 10 | 76, | 24,28 |
| | inkongruent | 527,91 | 10 | 82,4 | 26,05 |

¹ Die Angabe der Mittelwerte, Standardabweichungen und Standardfehler für die Reaktionszeiten sowie die Angabe der SOAs erfolgt immer in ms.

| Formatkonsistenz | Kongruenz | Mittelwert | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T- Wert | df | p-Wert $\alpha' = ,005$ |
|--|---------------------------|------------|--------------------|---------------------------------|---------|----|----------------------------|
| formatkonsistent | identisch - kongruent | -18,48 | 12,34 | 3,90 | -4,734 | 9 | ,001 |
| | identisch - inkongruent | -44,74 | 17,43 | 5,51 | -8,114 | 9 | ,000 |
| | kongruent - inkongruent | -26,26 | 8,98 | 2,84 | -9,244 | 9 | ,000 |
| formatinkonsistent | identisch - kongruent | -7,31 | 8,82 | 2,78 | -2,622 | 9 | ,028 |
| | identisch - inkongruent | -17,5 | 17,81 | 5,63 | -3,108 | 9 | ,013 |
| | kongruent - inkongruent | -10,19 | 12,71 | 4,02 | -2,535 | 9 | ,032 |
| formatkonsistent – formatinkonsistent | identisch - identisch | -13,71 | 11,12 | 3,51 | -3,897 | 9 | ,004 |
| | kongruent - kongruent | -2,54 | 7,4 | 2,34 | -1,087 | 9 | ,305 |
| | inkongruent - inkongruent | 13,52 | 11,61 | 3,67 | 3,681 | 9 | ,005 |

SOA * Formatkonsistenz * Kongruenz

| Formatkonsistenz | SOA | Kongruenz | Mittelwert | N | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes |
|------------------|-----|-------------|------------|----|--------------------|---------------------------------|
| formatkonsistent | 28 | identisch | 511,51 | 10 | 77,17 | 24,4 |
| | | kongruent | 521,56 | 10 | 79,64 | 25,18 |
| | | inkongruent | 531,83 | 10 | 80,63 | 25,49 |
| | 42 | identisch | 500,46 | 10 | 81,61 | 25,81 |
| | | kongruent | 509,45 | 10 | 76,35 | 24,14 |
| | | inkongruent | 535,67 | 10 | 72,10 | 22,80 |
| | 56 | identisch | 494,78 | 10 | 84,29 | 26,65 |
| | | kongruent | 514,32 | 10 | 79,04 | 24,99 |
| | | inkongruent | 544,7 | 10 | 70,89 | 22,41 |
| | 70 | identisch | 480,02 | 10 | 84,85 | 26,83 |
| | | kongruent | 515,38 | 10 | 72,86 | 23,04 |
| | | inkongruent | 553,56 | 10 | 76,13 | 24,07 |

| | | | | | | |
|--------------------|----|-------------|--------|----|-------|-------|
| formatinkonsistent | 28 | identisch | 516,94 | 10 | 78,77 | 24,91 |
| | | kongruent | 522,34 | 10 | 83,73 | 26,47 |
| | | inkongruent | 523,29 | 10 | 77,66 | 24,55 |
| | 42 | identisch | 511,90 | 10 | 76,49 | 24,19 |
| | | kongruent | 517,70 | 10 | 80,66 | 25,50 |
| | | inkongruent | 526,03 | 10 | 85,58 | 27,06 |
| | 56 | identisch | 505,49 | 10 | 69,28 | 21,91 |
| | | kongruent | 516,21 | 10 | 69,51 | 21,98 |
| | | inkongruent | 531,36 | 10 | 85,51 | 27,04 |
| | 70 | identisch | 507,30 | 10 | 71,92 | 22,74 |
| | | kongruent | 514,63 | 10 | 74,89 | 23,68 |
| | | inkongruent | 530,99 | 10 | 82,11 | 25,96 |

| Format-konsistenz | SOA | Kongruenz | Mittelwert | Standard-abweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert |
|--------------------|-----|-------------------------|------------|---------------------|---------------------------------|--------|----|--------|
| format-konsistent | 28 | identisch-kongruent | -10,04 | 13,23 | 4,18 | -2,401 | 9 | ,040 |
| | | identisch –inkongruent | -20,32 | 16,46 | 5,20 | -3,902 | 9 | ,004 |
| | | kongruent –inkongruent | -10,27 | 11,47 | 3,63 | -2,831 | 9 | ,020 |
| | 42 | identisch-kongruent | -8,99 | 16,54 | 5,23 | -1,718 | 9 | ,120 |
| | | identisch - inkongruent | -35,20 | 18,61 | 5,88 | -5,981 | 9 | ,000 |
| | | kongruent –inkongruent | -26,21 | 15,08 | 4,77 | -5,496 | 9 | ,000 |
| | 56 | identisch-kongruent | -19,53 | 20,26 | 6,4 | -3,049 | 9 | ,014 |
| | | identisch –inkongruent | -49,91 | 24,94 | 7,88 | -6,327 | 9 | ,000 |
| | | kongruent –inkongruent | -30,38 | 17,77 | 5,62 | -5,406 | 9 | ,000 |
| | 70 | identisch-kongruent | -35,36 | 20,66 | 6,53 | -5,412 | 9 | ,000 |
| | | identisch –inkongruent | -73,54 | 27,82 | 8,79 | -8,359 | 9 | ,000 |
| | | kongruent –inkongruent | -38,18 | 21,52 | 6,8 | -5,611 | 9 | ,000 |
| formatinkonsistent | 28 | identisch –kongruent | -5,39 | 9,21 | 2,91 | -1,853 | 9 | ,097 |
| | | identisch –inkongruent | -6,34 | 16,72 | 5,29 | -1,198 | 9 | ,261 |
| | | kongruent-inkongruent | -,95 | 18,20 | 5,75 | -,165 | 9 | ,873 |

| | | | | | | | | |
|--|----|------------------------|--------|-------|------|--------|---|------|
| | 42 | identisch –kongruent | -5,8 | 17,65 | 5,58 | -1,039 | 9 | ,326 |
| | | identisch –inkongruent | -14,12 | 17,87 | 5,65 | -2,499 | 9 | ,034 |
| | | kongruent-inkongruent | -8,32 | 8,16 | 2,58 | -3,226 | 9 | ,010 |
| | 56 | identisch –kongruent | -10,72 | 15,15 | 4,79 | -2,238 | 9 | ,052 |
| | | identisch –inkongruent | -25,86 | 26,12 | 8,25 | -3,132 | 9 | ,012 |
| | | kongruent-inkongruent | -15,14 | 22,93 | 7,25 | -2,088 | 9 | ,066 |
| | 70 | identisch –kongruent | -7,33 | 14,70 | 4,65 | -1,577 | 9 | ,149 |
| | | identisch –inkongruent | -23,69 | 22,73 | 7,18 | -3,296 | 9 | ,009 |
| | | kongruent-inkongruent | -16,35 | 20,01 | 6,33 | -2,584 | 9 | ,030 |

| Formatkonsistenz | Kongruenz | SOA | Mittelwert | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert |
|------------------|-----------|---------|------------|--------------------|---------------------------------|--------|----|--------|
| formatkonsistent | identisch | 28– 42 | 11,04 | 13,23 | 4,18 | 2,640 | 9 | ,027 |
| | | 28–56 | 16,72 | 14,43 | 4,56 | 3,664 | 9 | ,005 |
| | | 28 -70 | 31,49 | 16,75 | 5,29 | 5,944 | 9 | ,000 |
| | | 42–56 | 5,68 | 11,54 | 3,65 | 1,555 | 9 | ,154 |
| | | 42–70 | 20,44 | 13,85 | 4,38 | 4,667 | 9 | ,001 |
| | | 56–70 | 14,76 | 11,45 | 3,62 | 4,077 | 9 | ,003 |
| | kongruent | 28 - 42 | 12,10 | 14,06 | 4,44 | 2,722 | 9 | ,024 |
| | | 28 - 56 | 7,24 | 14,23 | 4,5 | 1,609 | 9 | ,142 |
| | | 28 - 70 | 6,17 | 15,29 | 4,83 | 1,278 | 9 | ,233 |
| | | 42 - 56 | -4,86 | 14,63 | 4,62 | -1,051 | 9 | ,320 |
| | | 42 - 70 | -5,92 | 11,45 | 3,62 | -1,636 | 9 | ,136 |
| | | 56 - 70 | -1,06 | 17,13 | 5,41 | -,196 | 9 | ,849 |

| | | | | | | | | |
|--|-------------|---------|--------|-------|------|--------|---|------|
| | inkongruent | 28 - 42 | -3,83 | 13,72 | 4,33 | -,884 | 9 | ,400 |
| | | 28 - 56 | -12,80 | 15,58 | 4,92 | -2,611 | 9 | ,028 |
| | | 28 - 70 | -21,73 | 18,63 | 5,89 | -3,687 | 9 | ,005 |
| | | 42 - 56 | -9,03 | 9 | 2,84 | -3,169 | 9 | ,011 |
| | | 42 - 70 | -17,89 | 14,62 | 4,62 | -3,870 | 9 | ,004 |
| | | 56 - 70 | -8,86 | 11,7 | 3,7 | -2,394 | 9 | ,040 |

| Formatkon-sistenz | Kongruenz | SOA | Mittelwert | Standard-abweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert |
|-----------------------|-------------|---------|------------|---------------------|---------------------------------|--------|----|--------|
| Formatinkonsi-sistent | identisch | 28 - 42 | 5,03 | 13,61 | 4,3 | 1,170 | 9 | ,272 |
| | | 28 - 56 | 11,45 | 16,15 | 5,1 | 2,242 | 9 | ,052 |
| | | 28 - 70 | 9,63 | 15,86 | 5,01 | 1,922 | 9 | ,087 |
| | | 42 - 56 | 6,41 | 13,24 | 4,18 | 1,532 | 9 | ,160 |
| | | 42 - 70 | 4,60 | 15,12 | 4,78 | ,962 | 9 | ,361 |
| | | 56 - 70 | -1,81 | 9,35 | 2,95 | -,613 | 9 | ,555 |
| | kongruent | 28 - 42 | 4,63 | 10,7 | 3,38 | 1,370 | 9 | ,204 |
| | | 28 - 56 | 6,12 | 17,5 | 5,53 | 1,106 | 9 | ,297 |
| | | 28 - 70 | 7,7 | 15,41 | 4,87 | 1,580 | 9 | ,149 |
| | | 42 - 56 | 1,48 | 13,51 | 4,27 | ,349 | 9 | ,735 |
| | | 42 - 70 | 3,06 | 18,54 | 5,86 | ,523 | 9 | ,614 |
| | | 56 - 70 | 1,57 | 16,62 | 5,25 | ,300 | 9 | ,771 |
| | inkongruent | 28 - 42 | -2,74 | 13,31 | 4,21 | -,651 | 9 | ,531 |
| | | 28 - 56 | -8,07 | 13,59 | 4,29 | -1,878 | 9 | ,093 |
| | | 28 - 70 | -7,7 | 14,78 | 4,67 | -1,649 | 9 | ,134 |
| | | 42 - 56 | -5,32 | 7,31 | 2,31 | -2,302 | 9 | ,047 |
| | | 42 - 70 | -4,96 | 14,43 | 4,56 | -1,088 | 9 | ,305 |
| | | 56 - 70 | ,36 | 12,80 | 4,04 | ,090 | 9 | ,931 |

Fehlerhäufigkeiten

| Faktor | Freiheitsgrade | F-Wert | p-Wert |
|------------------------------------|----------------|--------|--------|
| SOA | 3; 27 | 2,878 | ,054 |
| Formatkonsistenz | 1; 9 | ,688 | ,428 |
| Kongruenz | 2; 18 | 23,622 | ,000 |
| SOA * Formatkonsistenz | 3; 27 | ,521 | ,672 |
| SOA * Kongruenz | 5,81; 52,28 | ,910 | ,493 |
| Formatkonsistenz * Kongruenz | 1,53; 13,8 | 4,619 | ,037 |
| SOA * Formatkonsistenz * Kongruenz | 5,27; 47,46 | 1,141 | ,352 |

Formatkonsistenz * Kongruenz

| Formatkonsistenz | Kongruenz | FEHLER | |
|--------------------|-------------|---------|--------|
| | | richtig | falsch |
| formatkonsistent | identisch | 97,5% | 2,5% |
| | kongruent | 97,1% | 2,9% |
| | inkongruent | 93,2% | 6,8% |
| formatinkonsistent | identisch | 96,6% | 3,4% |
| | kongruent | 96,9% | 3,1% |
| | inkongruent | 95,8% | 4,2% |

| Formatkonsistenz | Kongruenz | Mittelwert | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert |
|---|-------------------------|-------------------|---------------------------|--|---------------|-----------|---------------|
| formatkonsistent - formatkonsistent | identisch - kongruent | -0,02 | 0,09 | 0,02 | -,909 | 9 | ,387 |
| | identisch - inkongruent | -,2110 | ,14 | 0,04 | -4,546 | 9 | ,001 |
| | kongruent - inkongruent | -,1850 | 0,08 | 0,02 | -6,805 | 9 | ,000 |
| formatinkonsistent - formatinkonsistent | identisch - kongruent | 0,01 | 0,07 | 0,02 | ,714 | 9 | ,493 |
| | identisch - inkongruent | 0,04 | ,11 | 0,03 | -1,265 | 9 | ,237 |
| | kongruent - inkongruent | -0,06 | ,13 | 0,04 | -1,439 | 9 | ,184 |
| formatkonsistent - formatinkonsistent | identisch - kongruent | -0,05 | ,11 | 0,03 | -1,653 | 9 | ,133 |
| | identisch - inkongruent | -0,01 | ,10 | 0,03 | -,429 | 9 | ,678 |
| | kongruent - inkongruent | ,1082 | ,12 | 0,03 | 2,734 | 9 | ,023 |

Varianzanalyse für die Ziffern-Gruppe (Sitzung 1 –4)

Reaktionszeiten

| Faktor | Freiheitsgrade | F-Wert | p-Wert |
|-------------------------------|----------------|--------|--------|
| SOA | 1,51; 6,06 | 1,58 | ,272 |
| Kongruenz | 1,24; 4,98 | 25,534 | ,003 |
| Primeformat | 1; 4 | ,160 | ,710 |
| SOA * Kongruenz | 6; 24 | 9,083 | ,000 |
| SOA * Primeformat | 3; 12 | 2,392 | ,120 |
| Kongruenz * Primeformat | 2; 8 | 15,510 | ,002 |
| SOA * Kongruenz * Primeformat | 3,49; 13,94 | 4,713 | ,015 |

Formatkonsistenz * Kongruenz

| Kongruenz | Prime – Zielreiz Paare | Mittelwert | N | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes |
|-------------|------------------------|------------|---|--------------------|---------------------------------|
| identisch | Ziffer - Ziffer | 442,78 | 5 | 35,16 | 15,72 |
| | Zahlwort – Ziffer | 461,92 | 5 | 28,55 | 12,77 |
| kongruent | Ziffer - Ziffer | 459,99 | 5 | 28,61 | 12,79 |
| | Zahlwort – Ziffer | 464,27 | 5 | 36,06 | 16,12 |
| inkongruent | Ziffer - Ziffer | 487,93 | 5 | 30,47 | 13,62 |
| | Zahlwort – Ziffer | 465,84 | 5 | 30,83 | 13,79 |

| Kongruenz | Prime –Zielreiz Paare | Mittelwert | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert |
|---------------------------|---------------------------------|------------|--------------------|---------------------------------|--------|----|--------|
| identisch- identisch | Ziffer-Ziffer – Zahlwort-Ziffer | -19,14 | 12,33 | 5,51 | -3,471 | 4 | ,026 |
| kongruent - kongruent | Ziffer-Ziffer – Zahlwort-Ziffer | -4,27 | 9,83 | 4,39 | -,971 | 4 | ,386 |
| inkongruent - inkongruent | Ziffer-Ziffer – Zahlwort-Ziffer | 22,08 | 7,12 | 3,18 | 6,929 | 4 | ,002 |

| Prime –Zielreiz Paare | Kongruenz | Mittelwert | Standard- abweichung | Standard- fehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert $\alpha' = ,008$ |
|--------------------------|-------------------------|------------|-------------------------|---|--------|----|----------------------------|
| Ziffer - Ziffer | identisch - kongruent | -17,21 | 10,80 | 4,83 | -3,563 | 4 | ,024 |
| | identisch - inkongruent | -45,14 | 19,21 | 8,59 | -5,254 | 4 | ,006 |
| | kongruent - inkongruent | -27,93 | 12,66 | 5,66 | -4,931 | 4 | ,008 |
| Zahlwort-Ziffer | identisch - kongruent | -2,3460 | 8,1289 | 3,6354 | -,645 | 4 | ,554 |
| | identisch - inkongruent | -3,9220 | 3,5217 | 1,5749 | -2,490 | 4 | ,067 |
| | kongruent - inkongruent | -1,5760 | 7,4232 | 3,3198 | -,475 | 4 | ,660 |

SOA * Primeformat * Kongruenz

| Kongruenz | SOA | Prime –Zielreiz Paare | Mittelwert | N | Standardab- weichung | Standardfehler des Mittelwer- tes |
|-----------|-----|--------------------------|------------|---|-------------------------|---|
| identisch | 28 | Zahlwort-Ziffer | 461,96 | 5 | 34,16 | 15,27 |
| | | Ziffer-Ziffer | 460,16 | 5 | 31,25 | 13,97 |
| | 42 | Zahlwort-Ziffer | 460,95 | 5 | 26,11 | 11,67 |
| | | Ziffer-Ziffer | 447,87 | 5 | 34,08 | 15,24 |
| | 56 | Zahlwort-Ziffer | 462,78 | 5 | 29,13 | 13,02 |
| | | Ziffer-Ziffer | 441,55 | 5 | 43,83 | 19,6 |
| | 70 | Zahlwort-Ziffer | 462 | 5 | 26,35 | 11,78 |
| | | Ziffer-Ziffer | 421,53 | 5 | 32,57 | 14,56 |
| kongruent | 28 | Zahlwort-Ziffer | 465,22 | 5 | 38,61 | 17,27 |
| | | Ziffer-Ziffer | 464,63 | 5 | 39,22 | 17,54 |
| | 42 | Zahlwort-Ziffer | 457,73 | 5 | 33,15 | 14,82 |
| | | Ziffer-Ziffer | 452,32 | 5 | 24,54 | 10,97 |
| | 56 | Zahlwort-Ziffer | 467,42 | 5 | 35,91 | 16,06 |
| | | Ziffer-Ziffer | 460,21 | 5 | 27,56 | 12,32 |
| | 70 | Zahlwort-Ziffer | 466,71 | 5 | 38,89 | 17,39 |
| | | Ziffer-Ziffer | 462,82 | 5 | 26,63 | 11,91 |

| | | | | | | |
|-------------|----|-----------------|--------|---|-------|-------|
| inkongruent | 28 | Zahlwort-Ziffer | 463,66 | 5 | 30,1 | 13,46 |
| | | Ziffer-Ziffer | 474,35 | 5 | 29,09 | 13,01 |
| | 42 | Zahlwort-Ziffer | 462,17 | 5 | 34,5 | 15,43 |
| | | Ziffer-Ziffer | 484,28 | 5 | 32,2 | 14,40 |
| | 56 | Zahlwort-Ziffer | 465,57 | 5 | 29,17 | 13,04 |
| | | Ziffer-Ziffer | 493,93 | 5 | 33,18 | 14,84 |
| | 70 | Zahlwort-Ziffer | 471,97 | 5 | 31,57 | 14,12 |
| | | Ziffer-Ziffer | 499,15 | 5 | 31,77 | 14,2 |

| Prime – Zielreiz Paare | SOA | Kongruenz | Mittelwert | Standard-abweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert $\alpha' = ,004$ |
|------------------------|-----|-------------------------|------------|---------------------|---------------------------------|--------|----|----------------------------|
| Zahlwort-Ziffer | 28 | identisch-kongruent | -3,25 | 8,881 | 3,97 | -,819 | 4 | ,459 |
| | | identisch - inkongruent | -1,69 | 14,93 | 6,67 | -,254 | 4 | ,812 |
| | | kongruent inkongruent | 1,55 | 11,96 | 5,34 | ,291 | 4 | ,786 |
| | 42 | identisch-kongruent | 3,22 | 8,77 | 3,92 | ,821 | 4 | ,458 |
| | | identisch - inkongruent | -1,22 | 9,05 | 4,05 | -,302 | 4 | ,778 |
| | | kongruent inkongruent | -4,44 | 4,08 | 1,82 | -2,438 | 4 | ,071 |
| | 56 | identisch-kongruent | -4,64 | 12,5 | 5,62 | -,824 | 4 | ,456 |
| | | identisch - inkongruent | -2,79 | 4,91 | 2,19 | -1,271 | 4 | ,272 |
| | | kongruent inkongruent | 1,84 | 9,66 | 4,32 | ,427 | 4 | ,691 |
| | 70 | identisch-kongruent | -4,71 | 14,44 | 6,46 | -,730 | 4 | ,506 |
| | | identisch - inkongruent | -9,97 | 6,19 | 2,76 | -3,599 | 4 | ,023 |
| | | kongruent inkongruent | -5,25 | 12,43 | 5,56 | -,945 | 4 | ,398 |

| Prime – Zielreiz Paare | SOA | Kongruenz | Mittelwert | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert $\alpha' = ,004$ |
|------------------------|-----|-------------------------|------------|--------------------|---------------------------------|---------|----|----------------------------|
| Ziffer-Ziffer | 28 | identisch-kongruent | -4,47 | 12,47 | 5,58 | -,801 | 4 | ,468 |
| | | identisch - inkongruent | -14,19 | 7,64 | 3,41 | -4,150 | 4 | ,014 |
| | | kongruent inkongruent | -9,72 | 10,39 | 4,64 | -2,091 | 4 | ,105 |
| | 42 | identisch-kongruent | -4,45 | 10,48 | 4,68 | -,949 | 4 | ,396 |
| | | identisch - inkongruent | -36,40 | 16,45 | 7,35 | -4,948 | 4 | ,008 |
| | | kongruent inkongruent | -31,95 | 13,77 | 6,15 | -5,189 | 4 | ,007 |
| | 56 | identisch-kongruent | -18,66 | 26,54 | 11,82 | -1,572 | 4 | ,191 |
| | | identisch - inkongruent | -52,37 | 24,43 | 10,92 | -4,793 | 4 | ,009 |
| | | kongruent inkongruent | -33,71 | 15,71 | 7,02 | -4,797 | 4 | ,009 |
| | 70 | identisch-kongruent | -41,28 | 8,16 | 3,64 | -11,311 | 4 | ,000 |
| | | identisch - inkongruent | -77,61 | 31,70 | 14,17 | -5,475 | 4 | ,005 |
| | | kongruent inkongruent | -36,33 | 31,51 | 14,09 | -2,578 | 4 | ,061 |

Fehlerhäufigkeiten

| Faktor | Freiheitsgrade | F-Wert | p-Wert |
|-------------------------------|----------------|--------|--------|
| SOA | 2,85; 11,42 | 4,348 | ,030 |
| Kongruenz | 2; 8 | 16,091 | ,002 |
| Primeformat | 1; 4 | ,215 | ,667 |
| SOA * Kongruenz | 6; 24 | ,519 | ,788 |
| SOA * Primeformat | 3; 12 | ,287 | ,834 |
| Kongruenz * Primeformat | 2; 8 | 4,137 | ,058 |
| SOA * Kongruenz * Primeformat | 3,8; 15,3 | ,808 | ,534 |

Primeformat * Kongruenz

| Primeformat | Kongruenz | FEHLER | |
|-------------|-------------|---------|--------|
| | | richtig | falsch |
| Zahlwort | identisch | 97,0% | 3,0% |
| | kongruent | 96,7% | 3,3% |
| | inkongruent | 96,7% | 3,3% |
| Ziffer | identisch | 98,5% | 1,5% |
| | kongruent | 98,1% | 1,9% |
| | inkongruent | 93,7% | 6,3% |

| Prime-Zielreiz Paare | Kongruenz | Mittelwert | Standard-abweichung | Standard-fehler des Mittelwertes | T | df | p-Wert |
|---------------------------------|---------------------------|------------|---------------------|----------------------------------|--------|----|--------|
| Ziffer-Ziffer – Zahlwort-Ziffer | identisch - identisch | -0,01 | 0,03 | 0,01 | -,995 | 4 | ,376 |
| | kongruent - kongruent | 0,02 | 0,03 | 0,01 | -1,631 | 4 | ,178 |
| | inkongruent - inkongruent | 0,05 | 0,04 | 0,02 | 2,379 | 4 | ,076 |

| Prime-Zielreiz Paare | Kongruenz | Mittelwert | Standard- abweichung | Standard- fehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert |
|----------------------------------|-------------------------|------------|-------------------------|---|--------|----|--------|
| Ziffer-Ziffer - Ziffer-Ziffer | identisch - kongruent | -0,004 | 0,03 | 0,01 | -,313 | 4 | ,770 |
| | identisch - inkongruent | -0,07 | 0,03 | 0,01 | -4,582 | 4 | ,010 |
| | kongruent - inkongruent | -0,07 | 0,02 | 0,01 | -6,302 | 4 | ,003 |

| Prime-Zielreiz Paare | Kongruenz | Mittelwert | Standard- abweichung | Standard- fehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert |
|--------------------------------------|-------------------------|------------|-------------------------|---|--------|----|--------|
| Zahlwort-Ziffer - Zahlwort-Ziffer | identisch - kongruent | -0,02 | 0,03 | 0,01 | -1,134 | 4 | ,320 |
| | identisch - inkongruent | -0,01 | 0,04 | 0,01 | -,502 | 4 | ,642 |
| | kongruent - inkongruent | 0,006 | 0,05 | 0,02 | ,262 | 4 | ,806 |

Varianzanalyse für die Wort-Gruppe (Sitzung 1-4)

Reaktionszeiten

| Faktor | Freiheitsgrade | F-Wert | p-Wert |
|-------------------------------|----------------|--------|--------|
| SOA | 1,36; 5,45 | 5,455 | ,057 |
| Kongruenz | 1,11; 4,44 | 27,512 | ,004 |
| Primeformat | 1; 4 | 1,282 | ,321 |
| SOA * Kongruenz | 5,26; 21,06 | 5,288 | ,002 |
| SOA * Primeformat | 3; 12 | 2,849 | ,082 |
| Kongruenz * Primeformat | 2; 8 | 3,683 | ,073 |
| SOA * Kongruenz * Primeformat | 1,95; 7,81 | ,947 | ,426 |

Primeformat * Kongruenz (nicht signifikant)

| Primeformat | Kongruenz | Mittelwert | N | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes |
|-------------|-------------|------------|---|--------------------|---------------------------------|
| Zahlwort | identisch | 550,6 | 5 | 80,52 | 36,01 |
| | kongruent | 570,36 | 5 | 68,83 | 30,78 |
| | inkongruent | 594,95 | 5 | 66,41 | 29,70 |
| Ziffer | identisch | 558,89 | 5 | 74,38 | 33,26 |
| | kongruent | 571,17 | 5 | 69,48 | 31,07 |
| | inkongruent | 589,99 | 5 | 68,51 | 30,64 |

Fehlerhäufigkeiten

| Faktor | Freiheitsgrade | F-Wert | p-Wert |
|-------------------------------|----------------|--------|--------|
| SOA | 1,86; 7,46 | ,597 | ,564 |
| Kongruenz | 1,65; 6,59 | 9,035 | ,015 |
| Primeformat | 1; 4 | 5,770 | ,074 |
| SOA * Kongruenz | 5,32; 21,29 | ,569 | ,732 |
| SOA * Primeformat | 2,87; 11,46 | 1,034 | ,411 |
| Kongruenz * Primeformat | 1,17; 4,68 | ,270 | ,662 |
| SOA * Kongruenz * Primeformat | 3,91; 15,66 | 1,357 | ,293 |

Kongruenz * Primeformat (nicht signifikant)

| Primeformat | Kongruenz | FEHLER | |
|-------------|-------------|---------|--------|
| | | richtig | falsch |
| Zahlwort | identisch | 96,5% | 3,5% |
| | kongruent | 96,2% | 3,8% |
| | inkongruent | 92,7% | 7,3% |
| Ziffer | identisch | 96,2% | 3,8% |
| | kongruent | 97,1% | 2,9% |
| | inkongruent | 94,8% | 5,2% |

Varianzanalyse für die Sitzungen 5 und 6

Reaktionszeiten

| Faktor | Freiheitsgrade | F-Wert | p-Wert |
|--|----------------|--------|--------|
| SOA | 3; 24 | ,105 | ,956 |
| SOA * Gruppenzugehörigkeit | 3; 24 | 1,642 | ,206 |
| Kongruenz | 1,57; 12,54 | 42,761 | ,000 |
| Kongruenz * Gruppenzugehörigkeit | 1,57; 12,53 | 2,537 | ,127 |
| Primeformat | 1; 8 | 43,252 | ,000 |
| Primeformat * Gruppenzugehörigkeit | 1; 8 | 13,438 | ,006 |
| SOA * Kongruenz | 4,77; 38,13 | 7,569 | ,000 |
| SOA * Kongruenz * Gruppenzugehörigkeit | 4,77; 38,13 | 1,207 | ,324 |
| SOA * Primeformat | 2,63; 20,99 | 1,648 | ,212 |
| SOA * Primeformat * Gruppenzugehörigkeit | 2,63; 20,99 | 1,123 | ,357 |
| Kongruenz * Primeformat | 2; 16 | 2,155 | ,148 |
| Kongruenz * Primeformat * Gruppenzugehörigkeit | 2; 16 | ,113 | ,894 |
| SOA * Kongruenz * Primeformat | 6; 48 | ,997 | ,438 |
| SOA * Kongruenz * Primeformat * Gruppenzugehörigkeit | 6; 48 | 2,463 | ,037 |

Kongruenz

| Kongruenz | Mittelwert | N | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes |
|-------------|------------|----|--------------------|---------------------------------|
| identisch | 503,75 | 10 | 58,5 | 18,5 |
| kongruent | 515,51 | 10 | 51,09 | 16,15 |
| inkongruent | 535,15 | 10 | 52,42 | 16,57 |

| Kongruenz | Mittelwert | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert |
|-------------------------|------------|--------------------|---------------------------------|--------|----|--------|
| identisch - kongruent | -11,75 | 8,63 | 2,73 | -4,306 | 9 | ,002 |
| identisch - inkongruent | -31,40 | 15,48 | 4,89 | -6,413 | 9 | ,000 |
| kongruent - inkongruent | -19,64 | 9,95 | 3,14 | -6,238 | 9 | ,000 |

SOA * Primeformat * Kongruenz (nicht signifikant)

| Prime-Zielreiz Paare | Kongruenz | SOA | Mittelwert | N | Standard- abweichung | Standardfehler des Mittelwertes |
|-------------------------|-------------|-----|------------|---|-------------------------|------------------------------------|
| Ziffer-Zahlwort | identisch | 28 | 530,38 | 5 | 70,64 | 31,59 |
| | | 42 | 524,73 | 5 | 75,42 | 33,73 |
| | | 56 | 520,56 | 5 | 86,46 | 38,66 |
| | | 70 | 515,11 | 5 | 86,96 | 38,89 |
| | kongruent | 28 | 552,1 | 5 | 74,58 | 33,35 |
| | | 42 | 537,85 | 5 | 72,42 | 32,38 |
| | | 56 | 531,23 | 5 | 72,87 | 32,59 |
| | | 70 | 532,29 | 5 | 62,65 | 28,01 |
| | inkongruent | 28 | 550,1 | 5 | 62,63 | 28 |
| | | 42 | 556,82 | 5 | 56,89 | 25,44 |
| | | 56 | 576,40 | 5 | 69,31 | 31 |
| | | 70 | 579,72 | 5 | 74,85 | 33,47 |
| Zahlwort-Ziffer | identisch | 28 | 522,59 | 5 | 64,48 | 28,83 |
| | | 42 | 522,29 | 5 | 73,29 | 32,78 |
| | | 56 | 501,94 | 5 | 66,77 | 29,86 |
| | | 70 | 509 | 5 | 68,30 | 30,54 |
| | kongruent | 28 | 527,48 | 5 | 56,03 | 25,05 |
| | | 42 | 523,9 | 5 | 52,25 | 23,36 |
| | | 56 | 520,94 | 5 | 58,67 | 26,23 |
| | | 70 | 521,26 | 5 | 53,4 | 23,88 |
| | inkongruent | 28 | 544,7 | 5 | 59,62 | 26,66 |
| | | 42 | 543,87 | 5 | 54,88 | 24,54 |
| | | 56 | 554,09 | 5 | 58,29 | 26,06 |
| | | 70 | 548,59 | 5 | 52,59 | 23,52 |

Fehlerhäufigkeiten

| Faktor | Freiheitsgrade | F-Wert | Signifikanz |
|--|----------------|--------|-------------|
| SOA | 3; 24 | 2,940 | ,054 |
| SOA * Gruppenzugehörigkeit | 3; 24 | ,109 | ,954 |
| Kongruenz | 1,72; 13,74 | 16,878 | ,000 |
| Primeformat | 1; 8 | 8,085 | ,022 |
| Primeformat * Gruppenzugehörigkeit | 1;8 | 3,921 | ,083 |
| SOA * Kongruenz | 6; 48 | 3,833 | ,003 |
| SOA * Kongruenz * Gruppenzugehörigkeit | 6; 48 | ,369 | ,895 |
| SOA * Primeformat | 3; 24 | 4,018 | ,019 |
| SOA * Primeformat * Gruppenzugehörigkeit | 3; 24 | ,351 | ,789 |
| Kongruenz * Primeformat | 1,69; 13,53 | 1,939 | ,185 |
| Kongruenz * Primeformat * Gruppenzugehörigkeit | 1,69; 15,53 | 1,839 | ,199 |
| SOA * Kongruenz * Primeformat | 5,25; 42,02 | 1,571 | ,187 |
| SOA * Kongruenz * Primeformat * Gruppenzugehörigkeit | 5,25; 42,02 | ,498 | ,784 |

Identifikation

Gesamtgruppe

| Faktor | Freiheitsgrade | F-Wert | p-Wert |
|--|----------------|--------|--------|
| SOA | 1,97; 15,78 | 2,750 | ,095 |
| SOA * Gruppenzugehörigkeit | 1,97; 15,78 | 1,835 | ,192 |
| Primeformat | 1; 8 | 3,178 | ,113 |
| Primeformat * Gruppenzugehörigkeit | 1; 8 | ,027 | ,874 |
| SOA * Primeformat | 3; 24 | ,184 | ,906 |
| SOA * Primeformat * Gruppenzugehörigkeit | 3; 24 | ,411 | ,747 |

Testwert 0

| SOA | T-Wert | df | p-Wert |
|-----|--------|----|--------|
| 28 | ,136 | 9 | ,895 |
| 42 | 1,046 | 9 | ,323 |
| 56 | 1,659 | 9 | ,132 |
| 70 | 2,335 | 9 | ,044 |

Wort-Gruppe

| Faktor | Freiheitsgrade | F-Wert | p-Wert |
|-------------------|----------------|--------|--------|
| SOA | 3; 12 | 2,213 | ,139 |
| Primeformat | 1; 4 | 3,475 | ,136 |
| SOA * Primeformat | 3; 12 | ,204 | ,891 |

Testwert 0

| SOA | Primeformat | T-Wert | df | p-Wert $\alpha' = .006$ |
|-----|-------------|--------|----|----------------------------|
| 28 | Zahlwort | ,656 | 4 | ,548 |
| | Ziffer | ,886 | 4 | ,426 |
| 42 | Zahlwort | -1,267 | 4 | ,274 |
| | Ziffer | ,734 | 4 | ,503 |
| 56 | Zahlwort | ,886 | 4 | ,426 |
| | Ziffer | 1,781 | 4 | ,149 |
| 70 | Zahlwort | ,734 | 4 | ,503 |
| | Ziffer | 1,871 | 4 | ,135 |

Ziffer-Gruppe

| Faktor | Freiheitsgrade | F-Wert | p-Wert |
|-------------------|----------------|--------|--------|
| SOA | 1,32; 5,28 | 2,336 | ,187 |
| Primeformat | 1; 4 | ,901 | ,396 |
| SOA * Primeformat | 3; 12 | ,429 | ,736 |

Testwert 0

| SOA | Primeformat | T-Wert | df | p-Wert $\alpha' = ,006$ |
|-----|-------------|--------|----|----------------------------|
| 28 | Zahlwort | -1,266 | 4 | ,274 |
| | Ziffer | ,170 | 4 | ,873 |
| 42 | Zahlwort | 1,281 | 4 | ,269 |
| | Ziffer | 1,824 | 4 | ,142 |
| 56 | Zahlwort | ,170 | 4 | ,873 |
| | Ziffer | ,429 | 4 | ,690 |
| 70 | Zahlwort | 1,824 | 4 | ,142 |
| | Ziffer | 1,236 | 4 | ,284 |

Anhang B zu Experiment 2

Varianzanalyse zur Formatkonsistenz

Reaktionszeiten

| Faktor | Freiheitsgrade | F-Wert | p-Wert |
|------------------------------------|----------------|--------|--------|
| SOA | 3; 15 | 6,266 | ,006 |
| Kongruenz | 2; 10 | 29,626 | ,000 |
| Formatkonsistenz | 1; 5 | 44,215 | ,001 |
| SOA * Kongruenz | 5,11; 25,51 | 9,935 | ,000 |
| SOA * Formatkonsistenz | 2,85; 14,25 | 2,247 | ,129 |
| Kongruenz * Formatkonsistenz | 2; 10 | 14,558 | ,001 |
| SOA * Kongruenz * Formatkonsistenz | 4,25; 21,26 | 3,323 | ,027 |

Kongruenz * Formatkonsistenz

| Formatkonsistenz | Kongruenz | Mittelwert | N | Standard-abweichung | Standardfehler des Mittelwertes |
|--------------------|-------------|------------|---|---------------------|---------------------------------|
| formatkonsistent | identisch | 478,26 | 6 | 22,06 | 9 |
| | kongruent | 496,68 | 6 | 29,7 | 12,12 |
| | inkongruent | 521,41 | 6 | 32,28 | 13,17 |
| formatinkonsistent | identisch | 493 | 6 | 26 | 10,61 |
| | kongruent | 499,49 | 6 | 26,29 | 10,73 |
| | inkongruent | 511,64 | 6 | 29,86 | 12,19 |

| Format-konsistenz | Kongruenz | Mittelwert | Standard-abweichung | Standard-fehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert |
|-------------------|-------------------------|------------|---------------------|----------------------------------|--------|----|--------|
| format-konsistent | identisch - kongruent | -18,42 | 12,12 | 4,95 | -3,721 | 5 | ,014 |
| | identisch - inkongruent | -43,15 | 16,14 | 6,59 | -6,547 | 5 | ,001 |
| | kongruent - inkongruent | -24,72 | 11,67 | 4,76 | -5,187 | 5 | ,004 |

| Format-konsistenz | Kongruenz | Mittelwert | Standard-abweichung | Standard-fehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert |
|---------------------|-------------------------|------------|---------------------|----------------------------------|--------|----|--------|
| format-inkonsistent | identisch - kongruent | -6,49 | 7,66 | 3,12 | -2,075 | 5 | ,093 |
| | identisch - inkongruent | -18,63 | 8,62 | 3,52 | -5,294 | 5 | ,003 |
| | kongruent - inkongruent | -12,14 | 9,78 | 3,99 | -3,041 | 5 | ,029 |

| Format-konsistenz | Kongruenz | Mittelwert | Standard-abweichung | Standard-fehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert |
|--|-------------|------------|---------------------|----------------------------------|--------|----|--------|
| format-konsistent - format-inkonsistent | identisch | -14,7375 | 6,5659 | 2,6805 | -5,498 | 5 | ,003 |
| | kongruent | -2,8083 | 7,0602 | 2,8823 | -,974 | 5 | ,375 |
| | inkongruent | 9,7750 | 5,7987 | 2,3673 | 4,129 | 5 | ,009 |

Fehlerhäufigkeiten

| Faktor | Freiheitsgrade | F-Wert | p-Wert |
|------------------------------------|----------------|--------|--------|
| SOA | 3; 15 | ,562 | ,648 |
| Kongruenz | 2; 10 | 10,714 | ,003 |
| Formatkonsistenz | 1; 5 | 1,917 | ,225 |
| SOA * Kongruenz | 6; 30 | 3,242 | ,014 |
| SOA * Formatkonsistenz | 3; 15 | 1,754 | ,199 |
| Kongruenz * Formatkonsistenz | 2; 10 | 3,732 | ,062 |
| SOA * Kongruenz * Formatkonsistenz | 6; 30 | 1,091 | ,390 |

Kongruenz * Formatkonsistenz (nicht signifikant)

| Formatkonsistenz | Kongruenz | FEHLER | |
|--------------------|-------------|---------|--------|
| | | richtig | falsch |
| formatkonsistent | identisch | 97,8% | 2,2% |
| | kongruent | 97,3% | 2,7% |
| | inkongruent | 93,9% | 6,1% |
| formatinkonsistent | identisch | 97,0% | 3,0% |
| | kongruent | 97,0% | 3,0% |
| | inkongruent | 95,5% | 4,5% |

Varianzanalyse für die beiden Blocktypen

Reaktionszeiten

| Faktor | Freiheitsgrade | F-Wert | p-Wert |
|--|----------------|--------|--------|
| SOA | 3; 15 | 5,455 | ,010 |
| Kongruenz | 2; 10 | 23,369 | ,000 |
| Blocktyp | 1; 5 | 51,908 | ,001 |
| Primeformat | 1; 5 | 1,552 | ,268 |
| SOA * Kongruenz | 5,32; 26,61 | 9,185 | ,000 |
| SOA * Blocktyp | 3; 15 | ,472 | ,706 |
| Kongruenz * Blocktyp | 1,82; 9,19 | ,846 | ,451 |
| SOA * Kongruenz * Blocktyp | 6; 30 | 2,764 | ,029 |
| SOA * Primeformat | 1,92; 9,57 | 1,367 | ,299 |
| Kongruenz * Primeformat | 1,72; 8,62 | ,492 | ,601 |
| SOA * Kongruenz * Primeformat | 3,57; 17, 83 | ,950 | ,450 |
| Blocktyp * Primeformat | 1; 5 | 26,286 | ,004 |
| SOA * Blocktyp * Primeformat | 3; 15 | 1,960 | ,163 |
| Kongruenz * Blocktyp * Primeformat | 2; 10 | 17,239 | ,001 |
| SOA * Kongruenz * Blocktyp * Primeformat | 5,68; 28,39 | 3,704 | ,008 |

Kongruenz * Blocktyp * Primeformat

| Blocktyp | Primeformat | Kongruenz | Mittelwert | N | Standard- abweichung | Standardfehler des Mittelwertes |
|----------|-------------|-------------|------------|---|-------------------------|------------------------------------|
| Zahlwort | Zahlwort | identisch | 503,7 | 6 | 27,16 | 11,08 |
| | | kongruent | 523,54 | 6 | 35,16 | 14,35 |
| | | inkongruent | 547,12 | 6 | 37,55 | 15,33 |
| | Ziffer | identisch | 515,72 | 6 | 28,83 | 11,77 |
| | | kongruent | 524,87 | 6 | 35,92 | 14,66 |
| | | inkongruent | 536,6 | 6 | 31,61 | 12,9 |
| Ziffer | Zahlwort | identisch | 471,41 | 6 | 32,08 | 13,1 |
| | | kongruent | 472,11 | 6 | 27,26 | 11,12 |
| | | inkongruent | 482,00 | 6 | 35,5 | 14,49 |
| | Ziffer | identisch | 449,99 | 6 | 27,18 | 11,09 |
| | | kongruent | 470,41 | 6 | 35,06 | 14,31 |
| | | inkongruent | 489,41 | 6 | 31,08 | 12,68 |

| Blocktyp | Primeformat | Kongruenz | Mittelwert | Standard- abweichung | Standard- fehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert $\alpha' = ,004$ |
|----------|-------------|-----------------------|------------|-------------------------|---|--------|----|----------------------------|
| Zahlwort | Zahlwort | identisch-kongruent | -19,83 | 14,98 | 6,11 | -3,242 | 5 | ,023 |
| | | identisch-inkongruent | -43,42 | 21,78 | 8,89 | -4,883 | 5 | ,005 |
| | | kongruent-inkongruent | -23,58 | 21,02 | 8,58 | -2,748 | 5 | ,040 |
| | Ziffer | identisch-kongruent | -9,15 | 8,91 | 3,63 | -2,514 | 5 | ,054 |
| | | identisch-inkongruent | -20,88 | 9,32 | 3,8 | -5,484 | 5 | ,003 |
| | | kongruent-inkongruent | -11,73 | 12,75 | 5,2 | -2,253 | 5 | ,074 |
| Ziffer | Zahlwort | identisch-kongruent | -,69 | 14,95 | 6,1 | -,114 | 5 | ,914 |
| | | identisch-inkongruent | -10,58 | 13,01 | 5,31 | -1,993 | 5 | ,103 |
| | | kongruent-inkongruent | -9,89 | 10,79 | 4,4 | -2,246 | 5 | ,075 |
| | Ziffer | identisch-kongruent | -20,41 | 10,02 | 4,09 | -4,987 | 5 | ,004 |
| | | identisch-inkongruent | -39,41 | 13,86 | 5,66 | -6,964 | 5 | ,001 |
| | | kongruent-inkongruent | -18,99 | 16,69 | 6,81 | -2,788 | 5 | ,039 |

| Blocktyp | Prime-format | Kongruenz | Mittelwert | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert $\alpha' = ,004$ |
|----------|-------------------|--------------------------|------------|--------------------|---------------------------------|--------|----|----------------------------|
| Zahlwort | Zahlwort - Ziffer | identisch-identisch | -12,0179 | 8,1558 | 3,3296 | -3,609 | 5 | ,015 |
| | | kongruent-kongruent | -1,3329 | 5,0760 | 2,0723 | -,643 | 5 | ,548 |
| | | inkongruent- inkongruent | 10,5179 | 11,5512 | 4,7158 | 2,230 | 5 | ,076 |
| Ziffer | Zahlwort - Ziffer | identisch-identisch | 21,4208 | 9,7956 | 3,9990 | 5,357 | 5 | ,003 |
| | | kongruent-kongruent | 1,7037 | 14,0147 | 5,7215 | ,298 | 5 | ,778 |
| | | inkongruent- inkongruent | 11,5958 | 11,4682 | 4,6819 | 2,477 | 5 | ,056 |

SOA * Blocktyp * Primeformat * Kongruenz

| Kongruenz | Blocktyp | Primeformat | SOA | Mittelwert | N | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes |
|-----------|----------|-------------|-----|------------|---|--------------------|---------------------------------|
| identisch | Zahlwort | Zahlwort | 28 | 523,05 | 6 | 30,92 | 12,62 |
| | | | 42 | 512,31 | 6 | 30,58 | 12,48 |
| | | | 56 | 498,16 | 6 | 33,54 | 13,69 |
| | | | 70 | 481,29 | 6 | 20,39 | 8,32 |
| | | Ziffer | 28 | 531 | 6 | 31,12 | 12,70 |
| | | | 42 | 515,45 | 6 | 31,68 | 12,93 |
| | | | 56 | 506,92 | 6 | 25,09 | 10,24 |
| | | | 70 | 509,5 | 6 | 33,55 | 13,69 |
| | Ziffer | Zahlwort | 28 | 479,95 | 6 | 30,66 | 12,51 |
| | | | 42 | 471,44 | 6 | 34,76 | 14,19 |
| | | | 56 | 461,32 | 6 | 26,51 | 10,82 |
| | | | 70 | 472,95 | 6 | 40,5 | 16,53 |
| | | Ziffer | 28 | 467,76 | 6 | 30,28 | 12,36 |
| | | | 42 | 459,89 | 6 | 19,27 | 7,87 |
| | | | 56 | 439,23 | 6 | 34,92 | 14,2 |
| | | | 70 | 433,10 | 6 | 31,76 | 12,90 |

| | | | | | | | |
|-------------|----------|----------|----|--------|---|-------|-------|
| kongruent | Zahlwort | Zahlwort | 28 | 534,39 | 6 | 39,3 | 16,04 |
| | | | 42 | 525,41 | 6 | 31,37 | 12,8 |
| | | | 56 | 517,12 | 6 | 39,91 | 16,29 |
| | | | 70 | 517,24 | 6 | 32,85 | 13,41 |
| | | Ziffer | 28 | 521,92 | 6 | 27,41 | 11,19 |
| | | | 42 | 522,49 | 6 | 43,82 | 17,88 |
| | | | 56 | 524,41 | 6 | 31,03 | 12,67 |
| | | | 70 | 530,66 | 6 | 46,24 | 18,87 |
| | Ziffer | Zahlwort | 28 | 475,75 | 6 | 29,77 | 12,15 |
| | | | 42 | 470,35 | 6 | 24,53 | 10,01 |
| | | | 56 | 476,53 | 6 | 30,16 | 12,31 |
| | | | 70 | 465,8 | 6 | 31,98 | 13,05 |
| | | Ziffer | 28 | 469,68 | 6 | 37,12 | 15,15 |
| | | | 42 | 469,12 | 6 | 26,3 | 10,73 |
| | | | 56 | 479,53 | 6 | 42,6 | 17,39 |
| | | | 70 | 463,3 | 6 | 38,2 | 15,59 |
| inkongruent | Zahlwort | Zahlwort | 28 | 538,22 | 6 | 37,33 | 15,24 |
| | | | 42 | 543,8 | 6 | 35,81 | 14,62 |
| | | | 56 | 551,62 | 6 | 46,48 | 18,97 |
| | | | 70 | 554,84 | 6 | 33,86 | 13,82 |
| | | Ziffer | 28 | 529,92 | 6 | 34,22 | 13,97 |
| | | | 42 | 532,62 | 6 | 31,17 | 12,72 |
| | | | 56 | 540,16 | 6 | 35,04 | 14,30 |
| | | | 70 | 543,73 | 6 | 30,21 | 12,33 |

| | | | | | | | |
|-------------|--------|----------|----|--------|---|-------|-------|
| inkongruent | Ziffer | Zahlwort | 28 | 484,08 | 6 | 46,72 | 19,07 |
| | | | 42 | 490,63 | 6 | 36,34 | 14,83 |
| | | | 56 | 470,48 | 6 | 31,08 | 12,68 |
| | | | 70 | 482,82 | 6 | 32,89 | 13,42 |
| | | Ziffer | 28 | 482,11 | 6 | 32,01 | 13,06 |
| | | | 42 | 487,19 | 6 | 40,45 | 16,51 |
| | | | 56 | 492,29 | 6 | 30,94 | 12,63 |
| | | | 70 | 496,04 | 6 | 29,56 | 12,06 |

| Kongruenz | Blocktyp | Prime-format | SOA | Mittelwert | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert a' = ,008 |
|-----------|----------|--------------|---------|------------|--------------------|---------------------------------|--------|----|---------------------|
| identisch | Zahlwort | Zahlwort | 28-42 | 10,73 | 15,55 | 6,35 | 1,690 | 5 | ,152 |
| | | | 28 - 56 | 24,89 | 18,74 | 7,65 | 3,253 | 5 | ,023 |
| | | | 28-70 | 41,76 | 16,5 | 6,73 | 6,197 | 5 | ,002 |
| | | | 42 -56 | 14,15 | 23,82 | 9,72 | 1,456 | 5 | ,205 |
| | | | 42-70 | 31,02 | 15,45 | 6,31 | 4,917 | 5 | ,004 |
| | | | 56-70 | 16,87 | 15,94 | 6,51 | 2,592 | 5 | ,049 |

| Kongruenz | Blocktyp | Prime-format | SOA | Mittelwert | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert a' = ,008 |
|-----------|----------|--------------|---------|------------|--------------------|---------------------------------|--------|----|---------------------|
| kongruent | Zahlwort | Zahlwort | 28-42 | 8,98 | 14,04 | 5,73 | 1,567 | 5 | ,178 |
| | | | 28 - 56 | 17,26 | 3,77 | 1,54 | 11,200 | 5 | ,000 |
| | | | 28-70 | 17,15 | 12,20 | 4,98 | 3,443 | 5 | ,018 |
| | | | 42 -56 | 8,28 | 16,66 | 6,8 | 1,218 | 5 | ,278 |
| | | | 42-70 | 8,17 | 12,61 | 5,15 | 1,586 | 5 | ,174 |
| | | | 56-70 | -,11 | 14,83 | 6,05 | -,019 | 5 | ,986 |

| Kongruenz | Blocktyp | Prime-format | SOA | Mittelwert | Standard-abweichung | Standard-fehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert a' = ,008 |
|-------------|----------|--------------|---------|------------|---------------------|----------------------------------|--------|----|---------------------|
| inkongruent | Zahlwort | Zahlwort | 28-42 | -5,58 | 6,99 | 2,85 | -1,954 | 5 | ,108 |
| | | | 28 - 56 | -13,4 | 18,95 | 7,73 | -1,732 | 5 | ,144 |
| | | | 28-70 | -16,62 | 12,61 | 5,15 | -3,226 | 5 | ,023 |
| | | | 42 -56 | -7,81 | 20,42 | 8,33 | -,938 | 5 | ,391 |
| | | | 42-70 | -11 | 12,78 | 5,21 | -2,115 | 5 | ,088 |
| | | | 56-70 | -3,21 | 14,87 | 6,07 | -,530 | 5 | ,619 |

| Kongruenz | Blocktyp | Prime-format | SOA | Mittelwert | Standard-abweichung | Standard-fehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert a' = ,008 |
|-----------|----------|--------------|---------|------------|---------------------|----------------------------------|--------|----|---------------------|
| identisch | Zahlwort | Ziffer | 28-42 | 15,54 | 19,07 | 7,78 | 1,996 | 5 | ,102 |
| | | | 28 - 56 | 24,07 | 17,69 | 7,22 | 3,332 | 5 | ,021 |
| | | | 28-70 | 21,50 | 16,45 | 6,71 | 3,201 | 5 | ,024 |
| | | | 42 -56 | 8,53 | 17,94 | 7,32 | 1,164 | 5 | ,297 |
| | | | 42-70 | 23,16 | 16,53 | 6,74 | 3,432 | 5 | ,019 |
| | | | 56-70 | 14,63 | 18,83 | 7,68 | 1,903 | 5 | ,115 |

| Kongruenz | Blocktyp | Prime-format | SOA | Mittelwert | Standard-abweichung | Standard-fehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert a' = ,008 |
|-----------|----------|--------------|---------|------------|---------------------|----------------------------------|--------|----|---------------------|
| kongruent | Zahlwort | Ziffer | 28-42 | -,57 | 21,31 | 8,7 | -,066 | 5 | ,950 |
| | | | 28 - 56 | -2,48 | 10,53 | 4,3 | -,578 | 5 | ,589 |
| | | | 28-70 | -8,74 | 20,79 | 8,48 | -1,030 | 5 | ,350 |
| | | | 42 -56 | -1,91 | 19,68 | 8,03 | -,238 | 5 | ,821 |
| | | | 42-70 | -8,17 | 22,46 | 9,17 | -,891 | 5 | ,414 |
| | | | 56-70 | -6,25 | 23,48 | 9,58 | -,653 | 5 | ,543 |

| Kongruenz | Blocktyp | Prime-format | SOA | Mittelwert | Standard-abweichung | Standard-fehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert a' = ,008 |
|-------------|----------|--------------|---------|------------|---------------------|----------------------------------|--------|----|---------------------|
| inkongruent | Zahlwort | Ziffer | 28-42 | -2,7 | 13,24 | 5,40 | -,499 | 5 | ,639 |
| | | | 28 - 56 | -10,24 | 17,39 | 7,1 | -1,442 | 5 | ,209 |
| | | | 28-70 | -13,81 | 5,7 | 2,32 | -5,933 | 5 | ,002 |
| | | | 42 -56 | -7,54 | 16,91 | 6,9 | -1,092 | 5 | ,325 |
| | | | 42-70 | -11,11 | 12,38 | 5,05 | -2,199 | 5 | ,079 |
| | | | 56-70 | -3,57 | 14,13 | 5,77 | -,619 | 5 | ,563 |

| Kongruenz | Blocktyp | Prime-format | SOA | Mittelwert | Standard-abweichung | Standard-fehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert a' = ,008 |
|-----------|----------|--------------|---------|------------|---------------------|----------------------------------|--------|----|---------------------|
| identisch | Ziffer | Zahlwort | 28-42 | 8,51 | 9,73 | 3,97 | 2,142 | 5 | ,085 |
| | | | 28 - 56 | 18,63 | 13,26 | 5,41 | 3,439 | 5 | ,018 |
| | | | 28-70 | 6,99 | 17,76 | 7,25 | ,965 | 5 | ,379 |
| | | | 42 -56 | 10,12 | 13,51 | 5,51 | 1,834 | 5 | ,126 |
| | | | 42-70 | -1,51 | 19,75 | 8,06 | -,188 | 5 | ,859 |
| | | | 56-70 | -11,63 | 18,32 | 7,48 | -1,555 | 5 | ,181 |

| Kongruenz | Blocktyp | Prime-format | SOA | Mittelwert | Standard-abweichung | Standard-fehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert a' = ,008 |
|-----------|----------|--------------|---------|------------|---------------------|----------------------------------|--------|----|---------------------|
| kongruent | Ziffer | Zahlwort | 28-42 | 5,4 | 18,72 | 7,64 | ,706 | 5 | ,511 |
| | | | 28 - 56 | -,78 | 20,5 | 8,37 | -,093 | 5 | ,929 |
| | | | 28-70 | 9,95 | 16,14 | 6,58 | 1,510 | 5 | ,191 |
| | | | 42 -56 | -6,18 | 8,67 | 3,54 | -1,745 | 5 | ,141 |
| | | | 42-70 | 4,54 | 19,59 | 8 | ,569 | 5 | ,594 |
| | | | 56-70 | 10,73 | 17,46 | 7,12 | 1,505 | 5 | ,193 |

| Kongruenz | Blocktyp | Prime-format | SOA | Mittelwert | Standard-abweichung | Standard-fehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert a' = ,008 |
|-------------|----------|--------------|---------|------------|---------------------|----------------------------------|--------|----|---------------------|
| inkongruent | Ziffer | Zahlwort | 28-42 | -6,55 | 16,77 | 6,84 | -,957 | 5 | ,383 |
| | | | 28 - 56 | 13,59 | 17,14 | 6,99 | 1,943 | 5 | ,110 |
| | | | 28-70 | 1,25 | 21,84 | 8,91 | ,141 | 5 | ,893 |
| | | | 42 -56 | 20,14 | 16,74 | 6,83 | 2,947 | 5 | ,032 |
| | | | 42-70 | 7,8 | 21,74 | 8,87 | ,880 | 5 | ,419 |
| | | | 56-70 | -12,33 | 15,12 | 6,17 | -1,998 | 5 | ,102 |

| Kongruenz | Blocktyp | Prime-format | SOA | Mittelwert | Standard-abweichung | Standard-fehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert a' = ,008 |
|-----------|----------|--------------|---------|------------|---------------------|----------------------------------|--------|----|---------------------|
| identisch | Ziffer | Ziffer | 28-42 | 7,87 | 22,51 | 9,19 | ,857 | 5 | ,431 |
| | | | 28 - 56 | 28,53 | 15,51 | 6,33 | 4,504 | 5 | ,006 |
| | | | 28-70 | 34,66 | 20,08 | 8,2 | 4,227 | 5 | ,008 |
| | | | 42 -56 | 20,66 | 20,77 | 8,48 | 2,436 | 5 | ,059 |
| | | | 42-70 | 26,78 | 21,57 | 8,8 | 3,042 | 5 | ,029 |
| | | | 56-70 | 6,12 | 13,99 | 5,71 | 1,072 | 5 | ,333 |

| Kongruenz | Blocktyp | Prime-format | SOA | Mittelwert | Standard-abweichung | Standard-fehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert a' = ,008 |
|-----------|----------|--------------|---------|------------|---------------------|----------------------------------|--------|----|---------------------|
| kongruent | Ziffer | Ziffer | 28-42 | ,56 | 18,81 | 7,68 | ,073 | 5 | ,944 |
| | | | 28 - 56 | -9,84 | 16,47 | 6,72 | -1,464 | 5 | ,203 |
| | | | 28-70 | 6,37 | 11,8 | 4,81 | 1,324 | 5 | ,243 |
| | | | 42 -56 | -10,41 | 19,22 | 7,85 | -1,326 | 5 | ,242 |
| | | | 42-70 | 5,81 | 19,79 | 8,07 | ,720 | 5 | ,504 |
| | | | 56-70 | 16,22 | 13,53 | 5,52 | 2,938 | 5 | ,032 |

| Kongruenz | Blocktyp | Primeformat | SOA | Mittelwert | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert a' = ,008 |
|-------------|----------|-------------|---------|------------|--------------------|---------------------------------|--------|----|---------------------|
| inkongruent | Ziffer | Ziffer | 28-42 | -5,08 | 18,63 | 7,6 | -,668 | 5 | ,534 |
| | | | 28 - 56 | -10,17 | 15,40 | 6,28 | -1,620 | 5 | ,166 |
| | | | 28-70 | -13,93 | 23,83 | 9,72 | -1,433 | 5 | ,211 |
| | | | 42 -56 | -5,10 | 17,71 | 7,23 | -,706 | 5 | ,512 |
| | | | 42-70 | -8,85 | 25,01 | 10,21 | -,868 | 5 | ,425 |
| | | | 56-70 | -3,75 | 20,52 | 8,37 | -,448 | 5 | ,673 |

Fehlerhäufigkeiten

| Faktor | Freiheitsgrade | F-Wert | p-Wert |
|--|----------------|--------|--------|
| SOA | 2,59; 12,97 | 2,047 | ,162 |
| Kongruenz | 1,97; 9,84 | 10,874 | ,003 |
| Blocktyp | 1; 5 | 4,615 | ,084 |
| Primeformat | 1; 5 | ,292 | ,612 |
| SOA * Kongruenz | 6; 30 | 3,535 | ,009 |
| SOA * Blocktyp | 3; 15 | 1,275 | ,319 |
| Kongruenz * Blocktyp | 2; 10 | 1,711 | ,230 |
| SOA * Kongruenz * Blocktyp | 3,06; 15,28 | ,200 | ,898 |
| SOA * Primeformat | 3; 15 | 1,873 | ,178 |
| Kongruenz * Primeformat | 2; 10 | 1,721 | ,228 |
| SOA * Kongruenz * Primeformat | 6; 30 | ,480 | ,818 |
| Blocktyp * Primeformat | 1; 5 | 2,445 | ,179 |
| SOA * Blocktyp * Primeformat | 2,79; 13,94 | 1,620 | ,231 |
| Kongruenz * Blocktyp * Primeformat | 1,77; 8,84 | 6,910 | ,017 |
| SOA * Kongruenz * Blocktyp * Primeformat | 2,61; 13,04 | 1,737 | ,211 |

Blocktyp * Kongruenz * Primeformat

| Blocktyp | Primeformat | Kongruenz | FEHLER | |
|----------|-------------|-------------|---------|--------|
| | | | richtig | falsch |
| Zahlwort | Zahlwort | identisch | 97,4% | 2,6% |
| | | kongruent | 96,2% | 3,8% |
| | | inkongruent | 93,7% | 6,3% |
| | Ziffer | identisch | 97,0% | 3,0% |
| | | kongruent | 96,9% | 3,1% |
| | | inkongruent | 95,0% | 5,0% |
| Ziffer | Ziffer | identisch | 98,3% | 1,7% |
| | | kongruent | 98,7% | 1,3% |
| | | inkongruent | 94,3% | 5,7% |
| | Zahlwort | identisch | 97,1% | 2,9% |
| | | kongruent | 97,1% | 2,9% |
| | | inkongruent | 96,2% | 3,8% |

| Blocktyp | Prime-format | Kongruenz | Mittelwert | Standard-abweichung | Standard-fehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert |
|----------|--------------|-------------------------|------------|---------------------|----------------------------------|--------|----|--------|
| Zahlwort | Zahlwort | identisch-kongruent | -0,06 | 0,07 | 0,03 | -2,165 | 5 | ,083 |
| | | identisch - inkongruent | -,1479 | ,1003 | 0,04 | -3,614 | 5 | ,015 |
| | | kongruent - inkongruent | -0,08 | 0,06 | 0,02 | -3,120 | 5 | ,026 |
| | Ziffer | identisch-kongruent | -0,003 | 0,08 | 0,02 | -,112 | 5 | ,915 |
| | | identisch - inkongruent | -0,08 | ,1308 | 0,05 | -1,560 | 5 | ,179 |
| | | kongruent - inkongruent | -0,07 | 0,08 | 0,03 | -2,278 | 5 | ,072 |
| Ziffer | Zahlwort | identisch - kongruent | 0,02 | 0,06 | 0,02 | ,558 | 5 | ,601 |
| | | identisch - inkongruent | -0,02 | 0,08 | 0,03 | -,724 | 5 | ,502 |
| | | kongruent - inkongruent | -0,04 | 0,04 | 0,01 | -2,220 | 5 | ,077 |
| | Ziffer | identisch - kongruent | 0,02 | 0,07 | 0,03 | ,698 | 5 | ,516 |
| | | identisch - inkongruent | -,1729 | ,1182 | 0,04 | -3,582 | 5 | ,016 |
| | | kongruent - inkongruent | -,1950 | ,1534 | 0,06 | -3,114 | 5 | ,026 |

| Blocktyp | Prime-format | Kongruenz | Mittelwert | Standard-abweichung | Standard-fehler des Mittelwertes | T | df | p-Wert a' = ,008 |
|----------|-------------------|---------------------------|------------|---------------------|----------------------------------|---------|----|---------------------|
| Zahlwort | Zahlwort-Ziffer | identisch - identisch | -0,03 | 0,007 | 0,03 | -13,000 | 5 | ,000 |
| | | kongruent - kongruent | ,02 | 0,09 | 0,03 | ,585 | 5 | ,584 |
| | | inkongruent - inkongruent | 0,02 | ,1617 | 0,06 | ,404 | 5 | ,703 |
| Ziffer | Zahlwort - Ziffer | identisch - identisch | 0,07 | ,1121 | 0,04 | 1,676 | 5 | ,155 |
| | | kongruent - kongruent | 0,08 | ,1124 | 0,04 | 1,806 | 5 | ,131 |
| | | inkongruent - inkongruent | -0,07 | 0,08 | 0,03 | -2,144 | 5 | ,085 |

Varianzanalyse für die Subblöcke

Reaktionszeiten

| Faktor | Freiheitsgrade | F-Wert | p-Wert |
|---|----------------|--------|--------|
| Subblock | 3; 15 | 5,652 | ,009 |
| Kongruenz | 2; 10 | 27,778 | ,000 |
| Formatkonsistenz | 1; 5 | 24,855 | ,004 |
| Subblock * Kongruenz | 6; 30 | 1,569 | ,190 |
| Subblock * Formatkonsistenz | 3; 15 | ,759 | ,534 |
| Kongruenz * Formatkonsistenz | 2; 10 | 12,967 | ,002 |
| Subblock * Kongruenz * Formatkonsistenz | 4,426 | ,677 | ,629 |

Subblock * Kongruenz * Formatkonsistenz

| Subblock | Kongruenz | Formatkonsistenz | Mittelwert | N | Standard- abweichung | Standardfehler des Mittelwertes |
|----------|-------------|--------------------|------------|---|-------------------------|------------------------------------|
| Block 1 | identisch | formatkonsistent | 470,84 | 6 | 20,83 | 8,5 |
| | | formatinkonsistent | 491,61 | 6 | 34,54 | 14,1 |
| | kongruent | formatkonsistent | 492,21 | 6 | 36,44 | 14,87 |
| | | formatinkonsistent | 486,97 | 6 | 16,15 | 6,59 |
| | inkongruent | formatkonsistent | 517,59 | 6 | 38,77 | 15,83 |
| | | formatinkonsistent | 503,87 | 6 | 31,43 | 12,83 |
| Block 2 | identisch | formatkonsistent | 481,4 | 6 | 24,12 | 9,84 |
| | | formatinkonsistent | 495,00 | 6 | 37,22 | 15,19 |
| | kongruent | formatkonsistent | 494,95 | 6 | 31,84 | 12,99 |
| | | formatinkonsistent | 502,39 | 6 | 24,01 | 9,8 |
| | inkongruent | formatkonsistent | 514,21 | 6 | 36,8 | 15,02 |
| | | formatinkonsistent | 512,42 | 6 | 30,43 | 12,42 |
| Block 3 | identisch | formatkonsistent | 484,28 | 6 | 21,47 | 8,76 |
| | | formatinkonsistent | 496,59 | 6 | 23,17 | 9,46 |
| | kongruent | formatkonsistent | 498,14 | 6 | 21,61 | 8,82 |
| | | formatinkonsistent | 498,32 | 6 | 30,51 | 12,45 |
| | inkongruent | formatkonsistent | 527,30 | 6 | 31,95 | 13,04 |
| | | formatinkonsistent | 515,81 | 6 | 27,35 | 11,16 |
| Block 4 | identisch | formatkonsistent | 480,81 | 6 | 24,73 | 10,09 |
| | | formatinkonsistent | 489,2 | 6 | 16,21 | 6,61 |
| | kongruent | formatkonsistent | 500,87 | 6 | 30,78 | 12,56 |
| | | formatinkonsistent | 509,08 | 6 | 34,25 | 13,980 |
| | inkongruent | formatkonsistent | 522,53 | 6 | 25,28 | 10,32 |
| | | formatinkonsistent | 513,64 | 6 | 33,78 | 13,79 |

Varianzanalyse für die Identifikation

| Faktor | Freiheitsgrade | F-Wert | p-Wert |
|-------------------|----------------|--------|--------|
| SOA | 1,56; 7,8 | 1,648 | ,249 |
| Primeformat | 1; 5 | 1,733 | ,245 |
| SOA * Primeformat | 2,32; 8,17 | 1,174 | ,351 |

T-Test gegen 0

| SOA | Primeformat | T-Wert | df | p-Wert a' = ,006 |
|-----|-------------|--------|----|---------------------|
| 28 | Zahlwort | -,274 | 5 | ,795 |
| | Ziffer | 2,959 | 5 | ,032 |
| 42 | Zahlwort | ,883 | 5 | ,418 |
| | Ziffer | ,981 | 5 | ,371 |
| 56 | Zahlwort | 2,959 | 5 | ,032 |
| | Ziffer | 1,095 | 5 | ,323 |
| 70 | Zahlwort | ,981 | 5 | ,371 |
| | Ziffer | 1,537 | 5 | ,185 |

Anhang C zu Experiment 3

Varianzanalyse für das Vorkommen des Primes

Reaktionszeiten

| Faktor | Freiheitsgrade | F-Wert | p-Wert |
|--|----------------|--------|--------|
| SOA | 2,84; 14,21 | 1,987 | ,163 |
| Kongruenz | 1,27; 6,34 | 15,287 | ,006 |
| Vorkommen | 1; 5 | 26,083 | ,004 |
| Zielreizformat | 1; 5 | 23,987 | ,004 |
| SOA * Kongruenz | 4,62; 23,09 | 11,832 | ,000 |
| SOA * Vorkommen | 3; 15 | 17,551 | ,000 |
| Kongruenz * Vorkommen | 1,57; 7,86 | 20,304 | ,001 |
| SOA * Kongruenz * Vorkommen | 4,67; 23,32 | 4,772 | ,004 |
| SOA * Zielreizformat | 1,96; 9,8 | 1,719 | ,229 |
| Kongruenz * Zielreizformat | 2; 10 | 1,743 | ,224 |
| SOA * Kongruenz * Zielreizformat | 4,08; 20,41 | ,650 | ,636 |
| VOR * Zielreizformat | 1; 5 | 2,367 | ,185 |
| SOA * Vorkommen * Zielreizformat | 3; 15 | ,876 | ,475 |
| Kongruenz * Vorkommen * Zielreizformat | 2; 10 | 12,999 | ,002 |
| SOA * Kongruenz * Vorkommen * Zielreizformat | 6; 30 | 2,091 | ,084 |

Kongruenz * Vorkommen * SOA

| Kongruenz | Vorkommen | SOA | Mittelwert | N | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes |
|-------------|-----------------|------|------------|---|--------------------|---------------------------------|
| identisch | Kommt vor | 28ms | 495,72 | 6 | 67,2 | 27,43 |
| | | 42ms | 479,7 | 6 | 66,04 | 26,96 |
| | | 56ms | 474,22 | 6 | 74,46 | 30,39 |
| | | 70ms | 461,11 | 6 | 60,57 | 24,72 |
| | Kommt nicht vor | 28ms | 505,01 | 6 | 67,8 | 27,67 |
| | | 42ms | 505,13 | 6 | 62,43 | 25,48 |
| | | 56 | 502,4 | 6 | 67,68 | 27,63 |
| | | 70 | 500,64 | 6 | 64,22 | 26,22 |
| kongruent | Kommt vor | 28 | 503,96 | 6 | 62,08 | 25,34 |
| | | 42 | 495,86 | 6 | 63,14 | 25,77 |
| | | 56 | 488,86 | 6 | 57,36 | 23,41 |
| | | 70 | 480,06 | 6 | 62,36 | 25,45 |
| | Kommt nicht vor | 28 | 506,24 | 6 | 56,77 | 23,177 |
| | | 42 | 505,45 | 6 | 56,78 | 23,18 |
| | | 56 | 507,19 | 6 | 61,00 | 24,9 |
| | | 70 | 503,59 | 6 | 60,59 | 24,73 |
| inkongruent | Kommt vor | 28 | 516,21 | 6 | 54,36 | 22,19 |
| | | 42 | 519,21 | 6 | 48,12 | 19,64 |
| | | 56 | 527,62 | 6 | 54,63 | 22,30 |
| | | 70 | 530,78 | 6 | 49,39 | 20,16 |
| | Kommt nicht vor | 28 | 503,93 | 6 | 60,56 | 24,72 |
| | | 42 | 504,43 | 6 | 57,32 | 23,40 |
| | | 56 | 505,63 | 6 | 53,8 | 21,96 |
| | | 70 | 515,92 | 6 | 56,46 | 23,05 |

| Kongruenz | Vorkommen | SOA | Mittelwert | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert a' = ,008 |
|-----------|-----------|---------|------------|--------------------|---------------------------------|--------|----|---------------------|
| identisch | Kommt vor | 28 – 42 | 16,01 | 7,62 | 3,11 | 5,149 | 5 | ,004 |
| | | 28 – 56 | 21,49 | 15,79 | 6,44 | 3,333 | 5 | ,021 |
| | | 28 – 70 | 34,60 | 10,19 | 4,16 | 8,313 | 5 | ,000 |
| | | 42 – 56 | 5,47 | 13,09 | 5,34 | 1,025 | 5 | ,352 |
| | | 42 – 70 | 18,58 | 8,95 | 3,65 | 5,086 | 5 | ,004 |
| | | 56 – 70 | 13,1 | 18,05 | 7,36 | 1,779 | 5 | ,135 |

| Kongruenz | Vorkommen | SOA | Mittelwert | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert a' = ,008 |
|-----------|-----------|---------|------------|--------------------|---------------------------------|--------|----|---------------------|
| kongruent | Kommt vor | 28 – 42 | 8 | 9,11 | 3,72 | 2,177 | 5 | ,081 |
| | | 28 – 56 | 15,1 | 11,65 | 4,75 | 3,173 | 5 | ,025 |
| | | 28 – 70 | 23,9 | 14,44 | 5,89 | 4,055 | 5 | ,010 |
| | | 42 – 56 | 7 | 7,67 | 3,13 | 2,234 | 5 | ,076 |
| | | 42 – 70 | 15,8 | 9,44 | 3,85 | 4,099 | 5 | ,009 |
| | | 56 – 70 | 8,8 | 8 | 3,26 | 2,694 | 5 | ,043 |

| Kongruenz | Vorkommen | SOA | Mittelwert | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert a' = ,008 |
|-------------|-----------|---------|------------|--------------------|---------------------------------|--------|----|---------------------|
| inkongruent | Kommt vor | 28 – 42 | -3 | 9,46 | 3,86 | -,777 | 5 | ,472 |
| | | 28 – 56 | -11,4 | 9,28 | 3,78 | -3,011 | 5 | ,030 |
| | | 28 – 70 | -14,57 | 13,36 | 5,45 | -2,671 | 5 | ,044 |
| | | 42 – 56 | -8,4 | 12,61 | 5,15 | -1,632 | 5 | ,164 |
| | | 42 – 70 | -11,56 | 5,65 | 2,31 | -5,007 | 5 | ,004 |
| | | 56 – 70 | -3,16 | 13,79 | 5,63 | -,561 | 5 | ,599 |

| Kongruenz | Vorkommen | SOA | Mittelwert | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert a' = ,008 |
|-----------|-----------------|---------|------------|--------------------|---------------------------------|--------|----|---------------------|
| identisch | Kommt nicht vor | 28 – 42 | -,12 | 8,28 | 3,38 | -,036 | 5 | ,973 |
| | | 28 – 56 | 2,61 | 7,28 | 2,97 | ,878 | 5 | ,420 |
| | | 28 – 70 | 4,37 | 10,65 | 4,35 | 1,005 | 5 | ,361 |
| | | 42 – 56 | 2,73 | 5,86 | 2,39 | 1,141 | 5 | ,305 |
| | | 42 – 70 | 4,49 | 5,4 | 2,2 | 2,038 | 5 | ,097 |
| | | 56 – 70 | 1,76 | 5,4 | 2,2 | ,799 | 5 | ,460 |

| Kongruenz | Vorkommen | SOA | Mittelwert | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert a' = ,008 |
|-----------|-----------------|---------|------------|--------------------|---------------------------------|--------|----|---------------------|
| kongruent | Kommt nicht vor | 28 – 42 | ,79 | 6,639 | 2,71 | ,292 | 5 | ,782 |
| | | 28 – 56 | -,95 | 9,48 | 3,87 | -,246 | 5 | ,815 |
| | | 28 – 70 | 2,64 | 10,16 | 4,15 | ,638 | 5 | ,552 |
| | | 42 – 56 | -1,74 | 13,26 | 5,41 | -,322 | 5 | ,760 |
| | | 42 – 70 | 1,85 | 13,6 | 5,55 | ,334 | 5 | ,752 |
| | | 56 – 70 | 3,6 | 5,37 | 2,19 | 1,642 | 5 | ,161 |

| Kongruenz | Vorkommen | SOA | Mittelwert | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert a' = ,008 |
|-------------|-----------------|---------|------------|--------------------|---------------------------------|--------|----|---------------------|
| inkongruent | Kommt nicht vor | 28 – 42 | -,50 | 10,815 | 4,41 | -,113 | 5 | ,914 |
| | | 28 – 56 | -1,69 | 7,27 | 2,97 | -,572 | 5 | ,592 |
| | | 28 – 70 | -11,98 | 16,32 | 6,66 | -1,798 | 5 | ,132 |
| | | 42 – 56 | -1,19 | 9,15 | 3,73 | -,321 | 5 | ,761 |
| | | 42 – 70 | -11,48 | 11,30 | 4,61 | -2,488 | 5 | ,055 |
| | | 56 – 70 | -10,28 | 13,59 | 5,55 | -1,853 | 5 | ,123 |

Kongruenz * Vorkommen * Zielreizformat

| Zielreiz-format | Vorkom-men | Kongruenz | Mittelwert | N | Standard-abweichung | Standardfehler des Mittelwertes |
|-----------------|-----------------|-------------|------------|---|---------------------|---------------------------------|
| Zahlwort | Kommt vor | identisch | 494,09 | 6 | 66,21 | 27,03 |
| | | kongruent | 502,73 | 6 | 58,83 | 24,02 |
| | | inkongruent | 539,92 | 6 | 50,37 | 20,56 |
| | Kommt nicht vor | identisch | 510,68 | 6 | 67,78 | 27,67 |
| | | kongruent | 522,32 | 6 | 59,42 | 24,25 |
| | | inkongruent | 521,47 | 6 | 56,03 | 22,87 |
| Ziffer | Kommt vor | identisch | 461,28 | 6 | 68,24 | 27,86 |
| | | kongruent | 485,05 | 6 | 60,86 | 24,84 |
| | | inkongruent | 506,99 | 6 | 53,99 | 22,04 |
| | Kommt nicht vor | identisch | 495,91 | 6 | 64,6 | 26,37 |
| | | kongruent | 488,92 | 6 | 57,96 | 23,66 |
| | | inkongruent | 493,48 | 6 | 57,87 | 23,62 |

| Zielreiz-format | Vorkom-men | Kongruenz | Mittel-wert | Standard-abweichung | Standardfeh-ler des Mit-telwertes | T-Wert | df | p-Wert a' = ,004 |
|-----------------|--------------------------------|---------------------------|-------------|---------------------|-----------------------------------|--------|----|---------------------|
| Zahlwort | Kommt vor | identisch - kongruent | -8,63 | 7,63 | 3,11 | -2,771 | 5 | ,039 |
| | | identisch - inkongruent | -45,82 | 23,36 | 9,53 | -4,803 | 5 | ,005 |
| | | kongruent - inkongruent | -37,18 | 19,74 | 8,06 | -4,612 | 5 | ,006 |
| | Kommt nicht vor | identisch - kongruent | -11,63 | 14,31 | 5,84 | -1,991 | 5 | ,103 |
| | | identisch - inkongruent | -10,79 | 17,56 | 7,16 | -1,505 | 5 | ,193 |
| | | kongruent - inkongruent | ,842 | 6,99 | 2,85 | ,295 | 5 | ,780 |
| | Kommt vor – kommt nicht vor | identisch - identisch | -16,58 | 13,75 | 5,61 | -2,954 | 5 | ,032 |
| | | kongruent - kongruent | -19,58 | 9,33 | 3,81 | -5,138 | 5 | ,004 |
| | | inkongruent - inkongruent | 18,44 | 10,35 | 4,22 | 4,362 | 5 | ,007 |

| Zielreiz-format | Vor-kommen | Kongruenz | Mittel-wert | Stan-dardabwe-ichung | Standardfeh-ler des Mit-telwertes | T-Wert | df | p-Wert a' = ,004 |
|-----------------|---------------------------|---------------------------|-------------|----------------------|-----------------------------------|--------|----|---------------------|
| Ziffer | Kommt vor | identisch - kongruent | -23,77 | 11,24 | 4,58 | -5,182 | 5 | ,004 |
| | | identisch - inkongruent | -45,71 | 23,36 | 9,53 | -4,793 | 5 | ,005 |
| | | kongruent-inkongruent | -21,93 | 14,19 | 5,79 | -3,786 | 5 | ,013 |
| | Kommt nicht vor | identisch - kongruent | 6,98 | 8,62 | 3,51 | 1,986 | 5 | ,104 |
| | | identisch - inkongruent | 2,43 | 10,54 | 4,3 | ,564 | 5 | ,597 |
| | | kongruent - inkongruent | -4,55 | 4,75 | 1,94 | -2,346 | 5 | ,066 |
| | Kommt vor-kommt nicht vor | identisch-identisch | -34,63 | 15,2 | 6,2 | -5,578 | 5 | ,003 |
| | | kongruent - kongruent | -3,86 | 4,42 | 1,8 | -2,141 | 5 | ,085 |
| | | inkongruent - inkongruent | 13,5 | 10,93 | 4,46 | 3,026 | 5 | ,029 |

Fehlerhäufigkeiten

| Faktor | Freiheitsgrade | F-Wert | P-Wert |
|--|----------------|--------|--------|
| SOA | 3; 15 | 4,449 | ,020 |
| Kongruenz | 1,37; 6,83 | 7,077 | ,028 |
| Vorkommen | 1; 5 | 1,251 | ,314 |
| Zielreizformat | 1; 5 | 23,810 | ,005 |
| SOA * Kongruenz | 4,77; 23,82 | 4,169 | ,008 |
| SOA * Vorkommen | 3; 15 | 1,264 | ,322 |
| Kongruenz * Vorkommen | 1,67; 8,33 | 7,284 | ,017 |
| SOA * Kongruenz * Vorkommen | 6; 30 | 1,660 | ,165 |
| SOA * Zielreizformat | 2,72; 13,61 | ,971 | ,427 |
| Kongruenz * Zielreizformat | 1,41; 7,06 | 2,691 | ,141 |
| SOA * Kongruenz * Zielreizformat | 4,67; 23,34 | 2,480 | ,064 |
| Vorkommen * Zielreizformat | 1; 5 | ,227 | ,654 |
| SOA * Vorkommen * Zielreizformat | 3; 15 | ,396 | ,757 |
| Kongruenz * Vorkommen * Zielreizformat | 1,47; 7,36 | 3,632 | ,088 |
| SOA * Kongruenz * Vorkommen * Zielreizformat | 6; 30 | 2,240 | ,066 |

Kongruenz * Vorkommen

| Vorkommen | Kongruenz | FEHLER | |
|-----------------------|-------------|---------|--------|
| | | richtig | falsch |
| Prime kommt vor | identisch | 97,2% | 2,8% |
| | kongruent | 96,6% | 3,4% |
| | inkongruent | 90,8% | 9,2% |
| Prime kommt nicht vor | identisch | 95,4% | 4,6% |
| | kongruent | 95,8% | 4,2% |
| | inkongruent | 93,3% | 6,7% |

| Vorkom- men | Kongruenz | Mittel- wert | Standard- abweichung | Standard- fehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert |
|----------------|------------------------|-----------------|-------------------------|---|--------|----|--------|
| Kommt vor | identisch –kongruent | 0,04 | 0,06 | 0,02 | -1,650 | 5 | ,160 |
| | identisch –inkongruent | -,2694 | ,2229 | 0,09 | -2,960 | 5 | ,032 |
| | kongruent -inkongruent | -,2229 | ,1714 | 0,06 | -3,187 | 5 | ,024 |

| Vorkom- men | Kongruenz | Mittel- wert | Standard- abweichung | Standard- fehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert |
|--------------------|-------------------------|-----------------|-------------------------|---|--------|----|--------|
| Kommt nicht vor | identisch – kongruent | 0,04 | 0,07 | 0,03 | 1,381 | 5 | ,226 |
| | identisch – inkongruent | -0,05 | 0,09 | 0,04 | -1,309 | 5 | ,247 |
| | kongruent – inkongruent | -0,09 | ,1300 | 0,05 | -1,814 | 5 | ,129 |

| Vorkom- men | Kongruenz | Mittel- wert | Standard- abweichung | Standard- fehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert |
|-----------------------------------|---------------------------|-----------------|-------------------------|---|--------|----|--------|
| Kommt vor – kommt nicht vor | identisch - identisch | -,1135 | ,1054 | 0,04 | -2,640 | 5 | ,046 |
| | kongruent - kongruent | -0,02 | 0,05 | 0,02 | -1,100 | 5 | ,322 |
| | inkongruent - inkongruent | ,1025 | 0,08 | 0,03 | 2,920 | 5 | ,033 |

Varianzanalyse der formatinkonsistenten vorkommenden Primes vs. den formatkonsistenten nicht vorkommenden Primes

Reaktionszeiten

| Faktor | Freiheitsgrade | F-Wert | p-Wert |
|--|----------------|--------|--------|
| SOA | 2,091; 10,456 | ,398 | ,690 |
| Kongruenz | 1; 5 | 12,538 | ,017 |
| Vorkommen | 1; 5 | ,713 | ,437 |
| Zielreizformat | 1; 5 | 29,864 | ,003 |
| SOA * Kongruenz | 3; 15 | 6,590 | ,005 |
| SOA * Vorkommen | 3; 15 | 1,376 | ,288 |
| Kongruenz * Vorkommen | 1; 5 | 11,244 | ,020 |
| SOA * Kongruenz * Vorkommen | 3; 15 | 2,705 | ,082 |
| SOA * Zielreizformat | 3; 15 | 2,986 | ,065 |
| Kongruenz * Zielreizformat | 1; 5 | 2,037 | ,213 |
| SOA * Kongruenz * Zielreizformat | 2,58; 12,89 | ,688 | ,555 |
| Vorkommen * Zielreizformat | 1; 5 | 3,041 | ,142 |
| SOA * Vorkommen * Zielreizformat | 3; 15 | ,535 | ,666 |
| Kongruenz * Vorkommen * Zielreizformat | 1; 5 | 20,719 | ,006 |
| SOA * Kongruenz * Vorkommen * Zielreizformat | 2,69; 13,48 | 1,780 | ,201 |

Vorkommen * Kongruenz * Zielreizformat

| Zielreizformat | Vorkommen | Kongruenz | Mittelwert | N | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes |
|----------------|-----------------|-------------|------------|---|--------------------|---------------------------------|
| Zahlwort | Kommt vor | kongruent | 501,39 | 6 | 59,35 | 24,22 |
| | | inkongruent | 533,03 | 6 | 49,45 | 20,19 |
| | Kommt nicht vor | kongruent | 522,59 | 6 | 57,96 | 23,66 |
| | | inkongruent | 517,52 | 6 | 59,01 | 24,09 |
| Ziffer | Kommt vor | kongruent | 483,07 | 6 | 63,41 | 25,89 |
| | | inkongruent | 507,31 | 6 | 53,79 | 21,96 |
| | Kommt nicht vor | kongruent | 485,2 | 6 | 56,47 | 23,05 |
| | | inkongruent | 493,21 | 6 | 55,02 | 22,46 |

| Zielreizformat | Vorkommen | Kongruenz | Mittelwert | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert a' = ,006 |
|----------------|--------------------------------|---------------------------|------------|--------------------|---------------------------------|--------|----|---------------------|
| Zahlwort | Kommt vor | kongruent - inkongruent | -31,63 | 18,32 | 7,48 | -4,229 | 5 | ,008 |
| | Kommt nicht vor | kongruent - inkongruent | 5,06 | 6,1 | 2,49 | 2,031 | 5 | ,098 |
| | Kommt vor – kommt nicht vor | kongruent - kongruent | -21,19 | 9,33 | 3,81 | -5,559 | 5 | ,003 |
| | | inkongruent - inkongruent | 15,5 | 14,49 | 5,91 | 2,620 | 5 | ,047 |
| Ziffer | Kommt vor | kongruent - inkongruent | -24,23 | 20,85 | 8,51 | -2,847 | 5 | ,036 |
| | Kommt nicht vor | kongruent - inkongruent | -8,00 | 8,12 | 3,31 | -2,415 | 5 | ,061 |
| | Kommt vor – kommt nicht vor | kongruent - kongruent | -2,13 | 10,9 | 4,48 | -,476 | 5 | ,654 |
| | | inkongruent - inkongruent | 14,09 | 13,45 | 5,49 | 2,566 | 5 | ,050 |

Fehlerhäufigkeiten

| Faktor | Freiheitsgrade | F-Wert | p-Wert |
|--|----------------|--------|--------|
| SOA | 1,84; 9,21 | 3,323 | ,085 |
| Kongruenz | 1; 5 | 3,602 | ,116 |
| Vorkommen | 1; 5 | ,355 | ,577 |
| Zielreizformat | 1; 5 | 26,557 | ,004 |
| SOA * Kongruenz | 2,21; 11,06 | 4,240 | ,040 |
| SOA * Vorkommen | 2,88; 14,39 | ,671 | ,578 |
| Kongruenz * Vorkommen | 1; 5 | 2,237 | ,195 |
| SOA * Kongruenz * Vorkommen | 2,314 | ,515 | ,636 |
| SOA * Zielreizformat | 2,64; 13,19 | 1,458 | ,271 |
| Kongruenz * Zielreizformat | 1; 5 | 11,709 | ,019 |
| SOA * Kongruenz * Zielreizformat | 3; 15 | ,103 | ,957 |
| VOR * Zielreizformat | 1; 5 | 1,207 | ,322 |
| SOA * Vorkommen * Zielreizformat | 3; 15 | ,661 | ,589 |
| Kongruenz * Vorkommen * Zielreizformat | 1; 5 | ,769 | ,421 |
| SOA * Kongruenz * Vorkommen * Zielreizformat | 3; 15 | 1,344 | ,298 |

Identifikation

| Faktor | Freiheitsgrade | F-Wert | p-Wert |
|-------------------|----------------|--------|--------|
| SOA | 3; 15 | 5,527 | ,009 |
| Primeformat | 1; 5 | 12,322 | ,017 |
| SOA * Primeformat | 2,59; 12,99 | 1,604 | ,238 |

T-Test gegen 0

| SOA | Primeformat | T-Wert | df | p-Wert a' = ,006 |
|-----|-------------|--------|----|---------------------|
| 28 | Zahlwort | -,432 | 5 | ,684 |
| | Ziffer | ,962 | 5 | ,380 |
| 42 | Zahlwort | -1,408 | 5 | ,218 |
| | Ziffer | 2,212 | 5 | ,078 |
| 56 | Zahlwort | ,962 | 5 | ,380 |
| | Ziffer | 1,170 | 5 | ,295 |
| 70 | Zahlwort | 2,212 | 5 | ,078 |
| | Ziffer | 2,462 | 5 | ,057 |

Anhang D zu Experiment 4

Formatinkonsistente Sitzungen

Varianzanalyse 1 zu den Reaktionszeiten für formatinkonsistente Reizpaare

| Faktoren | Freiheitsgrade | F-Wert | p-Wert |
|--|----------------|--------|--------|
| Kongruenz | 1,71; 17,05 | 11,915 | ,001 |
| Kongruenz * Gruppenzugehörigkeit | 1,71; 17,05 | ,706 | ,486 |
| Primeformat | 1; 10 | 37,357 | ,000 |
| Primeformat * Gruppenzugehörigkeit | 1;10 | ,003 | ,957 |
| SOA | 2; 20 | ,661 | ,527 |
| SOA * Gruppenzugehörigkeit | 2; 20 | ,999 | ,386 |
| Kongruenz * Primeformat | 2; 20 | 13,229 | ,000 |
| Kongruenz * Primeformat * Gruppenzugehörigkeit | 2; 20 | 2,843 | ,082 |
| Kongruenz * SOA | 2,84; 28,39 | ,711 | ,546 |
| Kongruenz * SOA * Gruppenzugehörigkeit | 2,84; 28,39 | ,815 | ,490 |
| Primeformat * SOA | 2; 20 | ,214 | ,809 |
| Primeformat * SOA * Gruppenzugehörigkeit | 2; 20 | ,739 | ,490 |
| Kongruenz * Primeformat * SOA | 3,18; 31,79 | 1,059 | ,383 |
| Kongruenz * Primeformat * SOA * Gruppenzugehörigkeit | 3,18; 31,79 | ,905 | ,455 |

Kongruenz * Primeformat

| Primeformat | Kongruenz | Mittelwert | N | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes |
|-------------|-------------|------------|----|--------------------|---------------------------------|
| Zahlwort | identisch | 501,08 | 12 | 55,26 | 15,95 |
| | kongruent | 498,23 | 12 | 55,61 | 16,05 |
| | inkongruent | 496,64 | 12 | 50,91 | 14,69 |
| Ziffer | identisch | 508,66 | 12 | 59,99 | 17,32 |
| | kongruent | 520,25 | 12 | 58,96 | 17,01 |
| | inkongruent | 550,19 | 12 | 45,02 | 12,99 |

| Primeformat | Kongruenz | Mittelwert | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert ($\alpha' = ,008$) |
|-------------|-------------------------|------------|--------------------|---------------------------------|--------|----|-----------------------------|
| Zahlwort | identisch-kongruent | 2,84 | 15,15 | 4,37 | ,650 | 11 | ,529 |
| | identisch - inkongruent | 4,43 | 9,65 | 2,78 | 1,592 | 11 | ,140 |
| | kongruent - inkongruent | 1,59 | 15,27 | 4,39 | ,362 | 11 | ,724 |
| Ziffer | identisch-kongruent | -11,59 | 28,26 | 8,15 | -1,421 | 11 | ,183 |
| | identisch - inkongruent | -41,58 | 27,84 | 8,04 | -5,167 | 11 | ,000 |
| | kongruent - inkongruent | -29,93 | 27,06 | 7,81 | -3,831 | 11 | ,003 |

| Primeformat | Kongruenz | Mittelwert | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert |
|-------------------|-------------|------------|--------------------|---------------------------------|--------|----|--------|
| Zahlwort - Ziffer | identisch | -7,58 | 29,39 | 8,48 | -,894 | 11 | ,391 |
| | kongruent | -22,02 | 17,129 | 4,94 | -4,455 | 11 | ,001 |
| | inkongruent | -53,54 | 26,20 | 7,56 | -7,079 | 11 | ,000 |

Varianzanalyse 2 zu den Reaktionszeiten bei formatkonsistenten und formatinkonsistenten Reizpaaren

| Faktor | Freiheitsgrade | F-Wert | p-Wert |
|--|----------------|--------|--------|
| Kongruenz | 1; 10 | 6,225 | ,032 |
| Kongruenz * Gruppenzugehörigkeit | 1; 10 | ,692 | ,425 |
| Primeformat | 1; 10 | ,048 | ,830 |
| Primeformat * Gruppenzugehörigkeit | 1; 10 | 3,654 | ,085 |
| Zielreizformat | 1; 10 | 87,861 | ,000 |
| Zielreizformat * Gruppenzugehörigkeit | 1; 10 | ,440 | ,522 |
| SOA | 2; 20 | 1,869 | ,180 |
| SOA * Gruppenzugehörigkeit | 2; 20 | 3,445 | ,052 |
| Kongruenz * Primeformat | 1; 10 | 29,067 | ,000 |
| Kongruenz * Primeformat * Gruppenzugehörigkeit | 1; 10 | ,008 | ,931 |
| Kongruenz * Zielreizformat | 1; 10 | ,062 | ,808 |

| | | | |
|---|-------------|-------|------|
| Kongruenz * Zielreizformat * Gruppenzugehörigkeit | 1; 10 | 2,541 | ,142 |
| Primeformat * Zielreizformat | 1; 10 | 1,196 | ,300 |
| Primeformat * Zielreizformat * Gruppenzugehörigkeit | 1; 10 | ,232 | ,640 |
| Kongruenz * Primeformat * Zielreizformat | 1; 10 | ,713 | ,418 |
| Primeformat * Zielreizformat* Gruppenzugehörigkeit | 1;10 | 1,482 | ,251 |
| Kongruenz * SOA | 1,46; 14,58 | 2,570 | ,121 |
| Kongruenz * SOA * Gruppenzugehörigkeit | 1,46; 14,58 | 1,504 | ,250 |
| Primeformat * SOA | 2; 20 | ,898 | ,423 |
| Primeformat * SOA * Gruppenzugehörigkeit | 2; 20 | 1,439 | ,261 |
| Kongruenz * Primeformat * SOA | 1,84; 18,38 | ,080 | ,910 |
| Kongruenz * Primeformat * SOA* Gruppenzugehörigkeit | 1,84; 18,38 | ,167 | ,831 |
| Zielreizformat * SOA | 2; 20 | 2,498 | ,108 |
| Zielreizformat * SOA * Gruppenzugehörigkeit | 2; 20 | 1,571 | ,232 |
| Kongruenz * Zielreizformat * SOA | 1,44; 14,41 | ,594 | ,512 |
| Kongruenz * Zielreizformat * SOA* Gruppenzugehörigkeit | 1,44; 14,41 | 1,030 | ,357 |
| Primeformat * Zielreizformat * SOA | 2; 20 | ,230 | ,797 |
| Primeformat * Zielreizformat * SOA* Gruppenzugehörigkeit | 2; 20 | ,194 | ,826 |
| Kongruenz * Primeformat * Zielreizformat * SOA | 1,22; 12,19 | 1,701 | ,220 |
| Kongruenz * Primeformat * Zielreizformat * SOA * Gruppenzugehörigkeit | 1,22; 12,19 | ,306 | ,635 |

Post-hoc-T-Tests zu Varianzanalyse 2

Primeformat * Kongruenz

| Primeformat | Kongruenz | Mittelwert | N | Standard-abweichung | Standardfehler des Mittelwertes |
|-------------|-------------|------------|----|---------------------|---------------------------------|
| Zahlwort | kongruent | 517,70 | 12 | 52,59 | 15,18 |
| | inkongruent | 511,99 | 12 | 50,09 | 14,46 |
| Ziffer | kongruent | 501,46 | 12 | 58,07 | 16,76 |
| | inkongruent | 528,97 | 12 | 46,44 | 13,40 |

| Prime-format | Kongruenz | Mittelwert | Standard-abweichung | Standard-fehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert $\alpha' = ,013$ |
|-----------------|-------------------------|------------|---------------------|----------------------------------|--------|----|----------------------------|
| Zahlwort | kongruent – inkongruent | 5,7 | 15,21 | 4,39 | 1,298 | 11 | ,221 |
| Ziffer | kongruent - inkongruent | -27,5 | 20,51 | 5,92 | -4,644 | 11 | ,001 |
| Zahlwort-Ziffer | kongruent-kongruent | 16,23 | 12,92 | 3,73 | 4,354 | 11 | ,001 |
| | inkongruent-inkongruent | -16,96 | 11,02 | 3,18 | -5,332 | 11 | ,000 |

Varianzanalyse 3 zu den Fehlern formatinkonsistenten Reizpaaren

| Faktor | df | F-Wert | p-Wert |
|--|--------------|--------|--------|
| Kongruenz | 1,82; 18,2 | 5,923 | ,012 |
| Kongruenz * Gruppenzugehörigkeit | 1,82; 18,2 | ,905 | ,413 |
| Primeformat | 1; 10 | 36,909 | ,000 |
| Primeformat * Gruppenzugehörigkeit | 1; 10 | 1,378 | ,268 |
| SOA | 1,68; 16, 77 | 4,149 | ,040 |
| SOA * Gruppenzugehörigkeit | 1,68; 16,77 | ,788 | ,450 |
| Kongruenz * Primeformat | 2; 20 | 9,460 | ,001 |
| Kongruenz * Primeformat * Gruppenzugehörigkeit | 2; 20 | 5,824 | ,010 |
| Kongruenz * SOA | 2,65; 26,45 | ,638 | ,579 |
| Kongruenz * SOA * Gruppenzugehörigkeit | 2,65; 26,45 | 1,513 | ,236 |
| Primeformat * SOA | 1,93; 19,31 | ,331 | ,715 |
| Primeformat * SOA * Gruppenzugehörigkeit | 1,93; 19,31 | 2,361 | ,122 |
| Kongruenz * Primeformat * SOA | 4; 40 | 1,373 | ,260 |
| Kongruenz * Primeformat * SOA | 4; 40 | ,084 | ,987 |

Kongruenz * Primeformat

| Primeform | Kongruenz | FEHLER | |
|-----------|-------------|---------|--------|
| | | richtig | falsch |
| Zahlwort | identisch | 95,5% | 4,5% |
| | kongruent | 96,1% | 3,9% |
| | inkongruent | 95,3% | 4,7% |
| Ziffer | identisch | 95,0% | 5,0% |
| | kongruent | 93,9% | 6,1% |
| | inkongruent | 90,1% | 9,9% |

| Prime-format | Kongruenz | Mittelwert | Standard-abweichung | Standard-fehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert ($\alpha' = ,005$) |
|-----------------|-------------------------|------------|---------------------|----------------------------------|--------|----|-----------------------------|
| Zahlwort | identisch- kongruent | 0,02 | ,11 | 0,03 | -,763 | 11 | ,462 |
| | identisch - inkongruent | 0,004 | ,13 | 0,03 | -,108 | 11 | ,916 |
| | kongruent - inkongruent | 0,02 | ,15 | 0,04 | ,475 | 11 | ,644 |
| Ziffer | identisch- kongruent | 0,03 | 0,09 | 0,02 | -1,223 | 11 | ,247 |
| | identisch - inkongruent | -,20 | ,16 | 0,02 | -4,152 | 11 | ,002 |
| | kongruent - inkongruent | -,17 | ,21 | 0,06 | -2,798 | 11 | ,017 |
| Zahlwort-Ziffer | identisch - identisch | 0,05 | ,10 | 0,02 | -1,765 | 11 | ,105 |
| | kongruent-kongruent | 0,06 | ,18 | 0,05 | -1,075 | 11 | ,305 |
| | inkongruent-inkongruent | -,25 | ,12 | 0,03 | -7,105 | 11 | ,000 |

Varianzanalyse 4 zu den Fehlern für die formatinkonsistenten und formatkonsistenten Reizpaare

| Faktor | Freiheitsgrade | F-Wert | p-Wert |
|--|----------------|--------|--------|
| Kongruenz | 1; 10 | 1,152 | ,308 |
| Kongruenz * Gruppenzugehörigkeit | 1; 10 | 4,286 | ,065 |
| Primeformat | 1; 10 | 16,604 | ,002 |
| Primeformat * Gruppenzugehörigkeit | 1; 10 | 1,681 | ,224 |
| Zielreizformat | 1; 10 | 21,454 | ,001 |
| Zielreizformat *Gruppenzugehörigkeit | 1; 10 | ,723 | ,415 |
| SOA | 1,46; 14,64 | 3,776 | ,059 |
| SOA * Gruppenzugehörigkeit | 1,46; 14,64 | ,341 | ,651 |
| Kongruenz * Primeformat | 1; 10 | 15,343 | ,003 |
| Kongruenz * Primeformat * Gruppenzugehörigkeit | 1; 10 | 4,251 | ,066 |
| Kongruenz * Zielreizformat | 1; 10 | ,405 | ,539 |
| Kongruenz * Zielreizformat* Gruppenzugehörigkeit | 1; 10 | 7,902 | ,018 |
| Primeformat * Zielreizformat | 1; 10 | 2,779 | ,126 |
| Primeformat * Zielreizformat * Gruppenzugehörigkeit | 1; 10 | ,038 | ,849 |
| Kongruenz * Primeformat * Zielreizformat | 1; 10 | 5,527 | ,041 |
| Primeformat * Zielreizformat* Gruppenzugehörigkeit | 1; 10 | ,169 | ,690 |
| Kongruenz * SOA | 2; 20 | ,343 | ,714 |
| Kongruenz * SOA * Gruppenzugehörigkeit | 2; 20 | ,096 | ,909 |
| Primeformat * SOA | 1,77; 17,7 | ,187 | ,806 |
| Primeformat * SOA * Gruppenzugehörigkeit | 1,77; 17,7 | ,783 | ,458 |
| Kongruenz * Primeformat * SOA | 1,81; 18,09 | ,680 | ,505 |
| Kongruenz * Primeformat * SOA * Gruppenzugehörigkeit | 1,81; 18,09 | ,053 | ,935 |
| Zielreizformat * SOA | 2; 20 | ,619 | ,548 |
| Zielreizformat * SOA * Gruppenzugehörigkeit | 2; 20 | 2,606 | ,099 |
| Kongruenz * Zielreizformat * SOA | 2; 20 | ,755 | ,483 |

| | | | |
|---|-------------|-------|------|
| Kongruenz * Zielreizformat * SOA * Gruppenzugehörigkeit | 2; 20 | ,069 | ,934 |
| Primeformat * Zielreizformat * SOA | 1,82; 18,22 | ,114 | ,876 |
| Primeformat * Zielreizformat * SOA * Gruppenzugehörigkeit | 1,82; 18,22 | ,692 | ,500 |
| Kongruenz * Primeformat * Zielreizformat * SOA | 1,597 | 1,106 | ,341 |
| Kongruenz * Primeformat * Zielreizformat * SOA * Gruppenzugehörigkeit | 1,597 | 1,618 | ,229 |

Post-hoc-T-tests zu Varianzanalyse 4

| Primeformat | Zielreizformat | Kongruenz | FEHLER | |
|-------------|----------------|-------------|---------|--------|
| | | | richtig | falsch |
| Zahlwort | Zahlwort | kongruent | 92,1% | 7,9% |
| | | inkongruent | 94,9% | 5,1% |
| | Ziffer | kongruent | 96,1% | 3,9% |
| | | inkongruent | 95,3% | 4,7% |
| Ziffer | Zahlwort | kongruent | 93,9% | 6,1% |
| | | inkongruent | 90,1% | 9,9% |
| | Ziffer | kongruent | 96,1% | 3,9% |
| | | inkongruent | 95,1% | 4,9% |

| Primeformat/ Zielreizformat | Primeformat/ Zielreizformat | Kongruenz | Mittel- wert | Standard- abweichung | Standard- fehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert |
|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------|-----------------|-------------------------|---|--------|----|--------|
| Zahlwort- Zahlwort | Zahlwort-Zahl- wort | kongruent - inkongruent | ,10 | ,13 | 0,03 | 2,737 | 11 | ,019 |
| Ziffer-Ziffer | Ziffer-Ziffer | kongruent - inkongruent | 0,05 | 0,09 | 0,02 | -1,796 | 11 | ,100 |
| Zahlwort-Ziffer | Zahlwort-Ziffer | kongruent - inkongruent | 0,02 | ,158 | 0,04 | ,475 | 11 | ,644 |
| Ziffer-Zahlwort | Ziffer-Zahlwort | kongruent - inkongruent | -,17 | ,21 | 0,05 | -2,798 | 11 | ,017 |

Formatkonsistente Sitzungen

Varianzanalyse 5 für die Reaktionszeiten der formatkonsistenten Paare

| Faktor | Freiheitsgrade | F-Wert | p-Wert |
|--|----------------|---------|--------|
| Kongruenz | 1,75; 17,53 | 31,563 | ,000 |
| Kongruenz * Gruppenzugehörigkeit | 1,75; 17,53 | ,179 | ,810 |
| Primeformat | 1; 10 | 102,561 | ,000 |
| Primeformat * Gruppenzugehörigkeit | 1, 10 | 3,813 | ,079 |
| SOA | 1,96; 19,55 | 9,378 | ,001 |
| SOA * Gruppenzugehörigkeit | 1,956; 19,55 | ,535 | ,590 |
| Kongruenz * Primeformat | 2; 20 | ,793 | ,466 |
| Kongruenz * Primeformat * Gruppenzugehörigkeit | 2; 20 | ,387 | ,684 |
| Kongruenz * SOA | 3,29; 32,85 | 12,766 | ,000 |
| Kongruenz * SOA Gruppenzugehörigkeit | 3,29; 32,85 | ,591 | ,640 |
| Primeformat * SOA | 1,84; 18,44 | 1,263 | ,303 |
| Primeformat * SOA * Gruppenzugehörigkeit | 1,84; 18,44 | ,344 | ,696 |
| Kongruenz * Primeformat * SOA | 3; 30,03 | ,467 | ,708 |
| Kongruenz * Primeformat * SOA * Gruppenzugehörigkeit | 3; 30,03 | 1,191 | ,330 |

Kongruenz

| Kongruenz | Mittelwert | N | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes |
|-------------|------------|----|--------------------|---------------------------------|
| identisch | 479,54 | 12 | 38,83 | 11,21 |
| kongruent | 499,14 | 12 | 38,59 | 11,14 |
| inkongruent | 522,08 | 12 | 25,54 | 7,37 |

| Kongruenz | Mittelwert | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert |
|-------------------------|------------|--------------------|---------------------------------|--------|----|--------|
| identisch - kongruent | -19,59 | 11,17 | 3,22 | -6,073 | 11 | ,000 |
| identisch – inkongruent | -42,54 | 20,79 | 6 | -7,088 | 11 | ,000 |
| kongruent - inkongruent | -22,94 | 19,99 | 5,77 | -3,974 | 11 | ,002 |

Kongruenz * SOA

| Kongruenz | SOA | Mittelwert | N | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes |
|-------------|-----|------------|----|--------------------|---------------------------------|
| identisch | 42 | 492,76 | 12 | 40,57 | 11,71 |
| | 56 | 477,66 | 12 | 38,82 | 11,20 |
| | 70 | 468,19 | 12 | 38,27 | 11,04 |
| kongruent | 42 | 507,26 | 12 | 40,26 | 11,62 |
| | 56 | 499,17 | 12 | 41,97 | 12,11 |
| | 70 | 490,98 | 12 | 36,01 | 10,39 |
| inkongruent | 42 | 518,73 | 12 | 25,95 | 7,49 |
| | 56 | 520,75 | 12 | 26,58 | 7,67 |
| | 70 | 526,77 | 12 | 27,58 | 7,96 |

| Kongruenz | SOA | Mittelwert | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert |
|-----------------------|---------|------------|--------------------|---------------------------------|--------|----|--------|
| identisch - identisch | 42 – 56 | 15,09 | 9,39 | 2,71 | 5,568 | 11 | ,000 |
| | 42 – 70 | 24,56 | 11,36 | 3,27 | 7,490 | 11 | ,000 |
| | 56 – 70 | 9,46 | 7,86 | 2,27 | 4,167 | 11 | ,002 |

| Kongruenz | SOA | Mittelwert | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert |
|-----------------------|---------|------------|--------------------|---------------------------------|--------|----|--------|
| kongruent - kongruent | 42 – 56 | 8,09 | 9,57 | 2,76 | 2,928 | 11 | ,014 |
| | 42 – 70 | 16,28 | 16,88 | 4,87 | 3,341 | 11 | ,007 |
| | 56 – 70 | 8,19 | 16,06 | 4,63 | 1,766 | 11 | ,105 |

| Kongruenz | SOA | Mittelwert | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert |
|---------------------------|---------|------------|--------------------|---------------------------------|--------|----|--------|
| inkongruent – inkongruent | 42 – 56 | -2,02 | 16,95 | 4,89 | -,414 | 11 | ,687 |
| | 42 – 70 | -8,04 | 13,47 | 3,89 | -2,067 | 11 | ,063 |
| | 56 – 70 | -6,01 | 9,08 | 2,62 | -2,293 | 11 | ,043 |

| SOA | Kongruenz | Mittelwert | Standard- abweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert $\alpha' = ,005$ |
|---------|-------------------------|------------|-------------------------|------------------------------------|---------|----|----------------------------|
| 42 – 42 | identisch – kongruent | -14,5 | 18,80 | 5,42 | -2,672 | 11 | ,022 |
| | identisch – inkongruent | -25,9 | 21,90 | 6,32 | -4,107 | 11 | ,002 |
| | kongruent - inkongruent | -11,46 | 19,87 | 5,73 | -1,998 | 11 | ,071 |
| 56 – 56 | identisch – kongruent | -21,50 | 12,57 | 3,63 | -5,925 | 11 | ,000 |
| | identisch - inkongruent | -43,09 | 23,98 | 6,92 | -6,224 | 11 | -6,224 |
| | kongruent - inkongruent | -21,58 | 27,23 | 7,86 | -2,745 | 11 | ,019 |
| 70 – 70 | identisch – kongruent | -22,78 | 11,67 | 3,37 | -6,759 | 11 | ,000 |
| | identisch – inkongruent | -58,57 | 19,60 | 5,65 | -10,349 | 11 | ,000 |
| | kongruent - inkongruent | -35,78 | 20,86 | 6,02 | -5,942 | 11 | ,000 |

Varianzanalyse 6 der Reaktionszeit für formatkonsistente und formatinkonsistente Reizpaare

| Faktor | Freiheitsgrade | F-Wert | p-Wert |
|---|----------------|---------|--------|
| Kongruenz | 1; 10 | 27,346 | ,000 |
| Kongruenz * Gruppenzugehörigkeit | 1; 10 | ,002 | ,968 |
| Primeformat | 1; 10 | 1,820 | ,207 |
| Primeformat * Gruppenzugehörigkeit | 1; 10 | 1,924 | ,196 |
| Zielreizformat | 1; 10 | 113,494 | ,000 |
| Zielreizformat * Gruppenzugehörigkeit | 1; 10 | 1,635 | ,230 |
| SOA | 2; 20 | ,600 | ,558 |
| SOA * Gruppenzugehörigkeit | 2; 20 | ,591 | ,563 |
| Kongruenz * Primeformat | 1; 10 | 3,340 | ,098 |
| Kongruenz * Primeformat * Gruppenzugehörigkeit | 1; 10 | ,027 | ,872 |
| Kongruenz * Zielreizformat | 1; 10 | ,623 | ,448 |
| Kongruenz * Zielreizformat * Gruppenzugehörigkeit | 1; 10 | 1,304 | ,280 |
| Primeformat * Zielreizformat | 1; 10 | ,002 | ,965 |

| | | | |
|---|---------------|--------|------|
| Primeformat * Zielreizformat * Gruppenzugehörigkeit | 1; 10 | ,024 | ,881 |
| Kongruenz * Primeformat * Zielreizformat | 1; 10 | ,307 | ,592 |
| Kongruenz * Primeformat * Zielreizformat * Gruppenzugehörigkeit | 1; 10 | ,185 | ,676 |
| Kongruenz * SOA | 2; 20 | 27,641 | ,000 |
| Kongruenz * SOA * Gruppenzugehörigkeit | 2; 20 | ,377 | ,691 |
| Primeformat * SOA | 1,59; 15,96 | 2,270 | ,143 |
| Primeformat * SOA * Gruppenzugehörigkeit | 1,59; 15,96 | 1,943 | ,180 |
| Kongruenz * Primeformat * SOA | 2; 20 | ,266 | ,769 |
| Kongruenz * Primeformat * SOA * Gruppenzugehörigkeit | 2; 20 | ,312 | ,735 |
| Zielreizformat * SOA | 2; 20 | 3,278 | ,059 |
| Zielreizformat * SOA * Gruppenzugehörigkeit | 2; 20 | ,261 | ,773 |
| Kongruenz * Zielreizformat * SOA | 2; 20 | ,262 | ,772 |
| Kongruenz * Zielreizformat * SOA * Gruppenzugehörigkeit | 2; 20 | ,312 | ,736 |
| Primeformat * Zielreizformat * SOA | 1,658; 16,579 | 5,929 | ,015 |
| Primeformat * Zielreizformat * SOA * Gruppenzugehörigkeit | 1,658; 16,579 | ,729 | ,473 |
| Kongruenz * Primeformat * Zielreizformat * SOA | 2; 20 | 1,356 | ,280 |
| Kongruenz * Primeformat * Zielreizformat * SOA * Gruppenzugehörigkeit | 2; 20 | 1,258 | ,306 |

Varianzanalyse 7 zu den Fehlern für die formatkonsistenten Reizpaare

| Faktor | Freiheitsgrade | F-Wert | p-Wert |
|------------------------------------|----------------|--------|--------|
| Kongruenz | 1,67; 16,69 | 20,129 | ,000 |
| Kongruenz * Gruppenzugehörigkeit | 1,67; 16,69 | ,051 | ,926 |
| Primeformat | 1; 10 | 18,322 | ,002 |
| Primeformat * Gruppenzugehörigkeit | 1; 10 | ,129 | ,727 |

| | | | |
|--|--------------|-------|------|
| SOA | 2; 20 | 2,071 | ,152 |
| SOA * Gruppenzugehörigkeit | 2; 20 | ,752 | ,484 |
| Kongruenz * Primeformat | 1,92; 19,17 | 3,234 | ,063 |
| Kongruenz * Primeformat * Gruppenzugehörigkeit | 1,912; 19,17 | ,788 | ,464 |
| Kongruenz * SOA | 4; 40 | 1,766 | ,155 |
| Kongruenz * SOA * Gruppenzugehörigkeit | 4; 40 | 3,532 | ,015 |
| Primeformat * SOA | 2; 20 | 1,025 | ,377 |
| Primeformat * SOA * Gruppenzugehörigkeit | 2; 20 | ,155 | ,858 |
| Kongruenz * Primeformat * SOA | 4; 40 | ,832 | ,513 |
| Kongruenz * Primeformat * SOA * Gruppenzugehörigkeit | 4; 40 | 2,388 | ,067 |

Varianzanalyse 8 zu den Fehlern für formatinkonsistente und formatkonsistente Reizpaare

| Faktor | Freiheitsgrade | F-Wert | p-Wert |
|---|----------------|--------|--------|
| Kongruenz | 1; 10 | 16,722 | ,002 |
| Kongruenz * Gruppenzugehörigkeit | 1; 10 | ,016 | ,902 |
| Primeformat | 1; 10 | ,270 | ,615 |
| Primeformat * Gruppenzugehörigkeit | 1; 10 | 2,411 | ,152 |
| Zielreizformat | 1; 10 | 36,088 | ,000 |
| Zielreizformat * Gruppenzugehörigkeit | 1; 10 | 1,503 | ,248 |
| SOA | 2; 20 | 11,875 | ,000 |
| SOA * Gruppenzugehörigkeit | 2; 20 | ,790 | ,468 |
| Kongruenz * Primeformat | 1; 10 | ,312 | ,589 |
| Kongruenz * Primeformat * Gruppenzugehörigkeit | 1; 10 | 2,046 | ,183 |
| Kongruenz * Zielreizformat | 1; 10 | 9,285 | ,012 |
| Kongruenz * Zielreizformat * Gruppenzugehörigkeit | 1; 10 | ,014 | ,908 |

| | | | |
|---|-------------|--------|------|
| Primeformat * Zielreizformat | 1; 10 | 16,669 | ,002 |
| Primeformat * Zielreizformat * Gruppenzugehörigkeit | 1; 10 | ,356 | ,564 |
| Kongruenz * Primeformat * Zielreizformat | 1; 10 | ,097 | ,761 |
| Kongruenz * Primeformat * Zielreizformat * Gruppen- zugehörigkeit | 1; 10 | ,002 | ,968 |
| Kongruenz * SOA | 2; 20 | ,179 | ,838 |
| Kongruenz * SOA * Gruppenzugehörigkeit | 2; 20 | 2,566 | ,102 |
| Primeformat * SOA | 2; 20 | 2,021 | ,159 |
| Primeformat * SOA * v | 2; 20 | ,900 | ,422 |
| Primeformat * SOA * Gruppenzugehörigkeit | 2; 20 | ,222 | ,803 |
| Kongruenz * Primeformat * SOA * Gruppenzugehörigkeit | 2; 20 | 2,687 | ,093 |
| Zielreizformat * SOA | 1,91; 19,09 | 4,064 | ,035 |
| Zielreizformat * SOA * Gruppenzugehörigkeit | 1,91; 19,09 | ,051 | ,944 |
| Kongruenz * Zielreizformat * SOA | 2; 20 | ,395 | ,679 |
| Kongruenz * Zielreizformat * SOA * Gruppenzugehörig- keit | 2; 20 | 2,643 | ,096 |
| Primeformat * Zielreizformat * SOA | 2; 20 | ,417 | ,665 |
| Primeformat * Zielreizformat * SOA * Gruppenzugehö- rigkeit | 2; 20 | ,736 | ,491 |
| Kongruenz * Primeformat * Zielreizformat * SOA | 2; 20 | 4,026 | ,034 |
| Kongruenz * Primeformat * Zielreizformat * SOA *Gruppenzugehörigkeit | 2; 20 | 3,564 | ,047 |

Identifikationsexperiment

| Faktor | Freiheitsgrade | F-Wert | p-Wert |
|----------------------------|----------------|--------|--------|
| SOA | 1;10 | 3,694 | ,084 |
| SOA * Gruppe | 1; 10 | 1,269 | ,286 |
| Primeformat | 2,20 | 6,319 | ,007 |
| Primeformat * Gruppe | 2; 20 | ,115 | ,892 |
| SOa * Primeformat | 1,31; 13,14 | 3,499 | ,075 |
| SOA * Primeformat * Gruppe | 1,31; 13,14 | 2,039 | ,176 |

T-Test gegen 0

| SOA | Primeformat | T-Wert | df | p-Wert a' = ,006 |
|-----|-------------|--------|----|---------------------|
| 28 | Zahlwort | 1,929 | 11 | ,080 |
| | Ziffer | 1,494 | 11 | ,163 |
| 42 | Zahlwort | 2,889 | 11 | ,015 |
| | Ziffer | 2,685 | 11 | ,021 |
| 56 | Zahlwort | 1,494 | 11 | ,163 |
| | Ziffer | 2,492 | 11 | ,030 |
| 70 | Zahlwort | 1,929 | 11 | ,080 |
| | Ziffer | 1,494 | 11 | ,163 |

t-Test für die „schlechte“ Gruppe

| SOA | Primeformat | T-Wert | df | p-Wert a' = ,006 |
|-----|-------------|--------|----|---------------------|
| 28 | Zahlwort | 1,451 | 8 | ,185 |
| | Ziffer | -,091 | 8 | ,930 |
| 42 | Zahlwort | 1,641 | 8 | ,139 |
| | Ziffer | 1,765 | 8 | ,116 |
| 56 | Zahlwort | -,091 | 8 | ,930 |
| | Ziffer | 1,784 | 8 | ,112 |
| 70 | Zahlwort | 1,451 | 8 | ,185 |
| | Ziffer | -,091 | 8 | ,930 |

Anhang E zu Experiment 5

Varianzanalyse zum Einfluß des Faktors „Unterstützung“

Reaktionszeiten

| Faktor | Freiheitsgrade | F-Wert | p-Wert |
|---|----------------|--------|--------|
| SOA | 2,8; 14,2 | 3,574 | ,043 |
| Unterstützung | 1; 5 | 10,610 | ,023 |
| Primeformat | 1; 5 | 12,838 | ,016 |
| Kongruenz | 1,27; 6,35 | 21,507 | ,002 |
| SOA * Unterstützung | 3; 15 | ,665 | ,587 |
| SOA * Primeformat | 3; 15 | ,203 | ,892 |
| Unterstützung * Primeformat | 1; 5 | ,180 | ,689 |
| SOA * Unterstützung * Primeformat | 2,08; 10,38 | ,960 | ,418 |
| SOA * Kongruenz | 4,24; 21,21 | 16,803 | ,000 |
| Unterstützung * Kongruenz | 2; 10 | 6,070 | ,019 |
| SOA * Unterstützung * Kongruenz | 5,32; 26,58 | 2,031 | ,103 |
| Primeformat * Kongruenz | 2; 10 | 9,638 | ,005 |
| SOA * Primeformat * Kongruenz | 6; 30 | 1,861 | ,121 |
| Unterstützung * Primeformat * Kongruenz | 1,69; 8,43 | 11,928 | ,004 |
| SOA * Unterstützung * Primeformat * Kongruenz | 4,66; 23,32 | ,308 | ,894 |

Kongruenz * Unterstützung

| Unterstützung | Kongruenz | Mittelwert | N | Standard-abweichung | Standardfehler des Mittelwertes |
|-----------------------------------|-------------|------------|---|---------------------|---------------------------------|
| unterstützendes Format | identisch | 461,02 | 6 | 30,95 | 12,63 |
| | kongruent | 473,28 | 6 | 28,91 | 11,80 |
| | inkongruent | 509,36 | 6 | 15,10 | 6,16 |
| Nicht unterstützen- des Format | identisch | 487,79 | 6 | 39,8 | 16,24 |
| | kongruent | 510,94 | 6 | 38,55 | 15,74 |
| | inkongruent | 533,03 | 6 | 29,96 | 12,23 |

| Unterstützung | Kongruenz | Mittelwert | Standard-abweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert $\alpha' = ,008$ |
|------------------------------|-------------------------|------------|---------------------|---------------------------------|--------|----|----------------------------|
| unterstützendes Format | identisch – kongruent | -12,26 | 6,54 | 2,66 | -4,593 | 5 | ,006 |
| | identisch – inkongruent | -48,34 | 24,17 | 9,86 | -4,900 | 5 | ,004 |
| | kongruent – inkongruent | -36,08 | 20,88 | 8,52 | -4,232 | 5 | ,008 |
| Nicht unterstützendes Format | identisch – kongruent | -23,15 | 14,53 | 5,93 | -3,902 | 5 | ,011 |
| | identisch – inkongruent | -45,24 | 23,87 | 9,74 | -4,643 | 5 | ,006 |
| | kongruent – inkongruent | -22,09 | 13,59 | 5,54 | -3,981 | 5 | ,011 |

| Unterstützung | Kongruenz | Mittelwert | Standard-abweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert |
|---|-------------|------------|---------------------|---------------------------------|--------|----|--------|
| unterstützend – nicht unterstützend Format | identisch | -26,76 | 20,87 | 8,52 | -3,141 | 5 | ,026 |
| | kongruent | -37,65 | 27,62 | 11,27 | -3,339 | 5 | ,021 |
| | inkongruent | -23,66 | 19,25 | 7,86 | -3,010 | 5 | ,030 |

SOA * Kongruenz

| Kongruenz | SOA | Mittelwert | N | Standard-abweichung | Standardfehler des Mittelwertes |
|-------------|-----|------------|---|---------------------|---------------------------------|
| identisch | 28 | 491,92 | 6 | 27,93 | 11,40 |
| | 42 | 482,84 | 6 | 33,96 | 13,86 |
| | 56 | 466,63 | 6 | 37,26 | 15,21 |
| | 70 | 456,22 | 6 | 38,06 | 15,53 |
| kongruent | 28 | 497,50 | 6 | 26,58 | 10,85 |
| | 42 | 493,06 | 6 | 33, | 13,47 |
| | 56 | 492,27 | 6 | 38,32 | 15,64 |
| | 70 | 485,61 | 6 | 28,77 | 11,74 |
| inkongruent | 28 | 508,63 | 6 | 23,20 | 9,47 |
| | 42 | 522,77 | 6 | 30,28 | 12,36 |
| | 56 | 522,34 | 6 | 21,82 | 8,908 |
| | 70 | 531,04 | 6 | 14,99 | 6,12 |

| Kongruenz | SOA | Mittelwert | Standard-abweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert $\alpha' = ,008$ |
|-----------|---------|------------|---------------------|---------------------------------|---------|---------|-------------------------|
| identisch | 28 – 42 | 9,08 | 8,5 | 3,47 | ,1550 | 18,0067 | 2,615 |
| | 28 – 56 | 25,29 | 11,3 | 4,61 | 13,4284 | 37,1650 | 5,479 |
| | 28 – 70 | 35,70 | 10,64 | 4,34 | 24,5342 | 46,8767 | 8,216 |
| | 42 – 56 | 16,21 | 8,94 | 3,65 | 6,8286 | 25,6031 | 4,441 |
| | 42 – 70 | 26,62 | 8,02 | 3,27 | 18,2037 | 35,0455 | 8,127 |
| | 56 – 70 | 10,4 | 5,66 | 2,31 | 4,4667 | 16,3508 | 4,503 |

| Kongruenz | SOA | Mittelwert | Standard-abweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert $\alpha' = ,008$ |
|-----------|---------|------------|---------------------|---------------------------------|----------|---------|----------------------------|
| kongruent | 28 – 42 | 4,44 | 10,6 | 4,33 | -6,6941 | 15,5741 | 1,025 |
| | 28 – 56 | 5,23 | 16,35 | 6,67 | -11,9273 | 22,3915 | ,784 |
| | 28 – 70 | 11,89 | 7,05 | 2,87 | 4,4945 | 19,2922 | 4,132 |
| | 42 – 56 | ,79 | 12,18 | 4,97 | -11,9905 | 13,5747 | ,159 |
| | 42 – 70 | 7,45 | 11,01 | 4,49 | -4,1085 | 19,0152 | 1,657 |
| | 56 – 70 | 6,66 | 11,93 | 4,87 | -5,8648 | 19,1873 | 1,367 |

| Kongruenz | SOA | Mittelwert | Standard-abweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert $\alpha' = ,008$ |
|-------------|---------|------------|---------------------|---------------------------------|----------|---------|----------------------------|
| inkongruent | 28 – 42 | -14,14 | 12,83 | 5,24 | -27,6148 | -,6711 | -2,699 |
| | 28 – 56 | -13,71 | 9,95 | 4,06 | -24,1542 | -3,2691 | -3,375 |
| | 28 – 70 | -22,41 | 14,78 | 6,03 | -37,9279 | -6,8946 | -3,713 |
| | 42 – 56 | ,43 | 12,12 | 4,95 | -12,2981 | 13,1606 | ,087 |
| | 42 – 70 | -8,26 | 18,83 | 7,68 | -28,0294 | 11,4927 | -1,076 |
| | 56 – 70 | -8,69 | 10,86 | 4,43 | -20,1036 | 2,7044 | -1,961 |

Unterstützung * Kongruenz * Primeformat

| Unterstützung | Primeformat | Kongruenz | Mittelwert | N | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes |
|------------------------------|-------------|-------------|------------|---|--------------------|---------------------------------|
| unterstützendes Format | Zahlwort | identisch | 470,4 | 6 | 30,81 | 12,58 |
| | | kongruent | 487,39 | 6 | 26,39 | 10,77 |
| | | inkongruent | 499,86 | 6 | 19,23 | 7,85 |
| | Ziffer | identisch | 451,63 | 6 | 34,12 | 13,93 |
| | | kongruent | 459,17 | 6 | 32,72 | 13,36 |
| | | inkongruent | 518,87 | 6 | 12,79 | 5,22 |
| Nicht unterstützendes Format | Zahlwort | identisch | 499,46 | 6 | 39,36 | 16,07 |
| | | kongruent | 507,52 | 6 | 43,40 | 17,71 |
| | | inkongruent | 536,09 | 6 | 31,04 | 12,67 |
| | Ziffer | identisch | 476,11 | 6 | 41,35 | 16,88 |
| | | kongruent | 514,36 | 6 | 34,48 | 14,07 |
| | | inkongruent | 529,97 | 6 | 30,39 | 12,40 |

| Unterstützung | Primeformat | kongruent | Mittelwert | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert |
|------------------------|-------------|-------------------------|------------|--------------------|---------------------------------|--------|----|--------|
| unterstützendes Format | Zahlwort | identisch - kongruent | -16,98 | 9,98 | 4,07 | -4,167 | 5 | ,009 |
| | | identisch - inkongruent | -29,45 | 31,93 | 13,03 | -2,260 | 5 | ,073 |
| | | kongruent - inkongruent | -12,47 | 24,99 | 10,20 | -1,223 | 5 | ,276 |

| Unterstützung | Primeformat | kongruent | Mittelwert | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert |
|---------------|-------------|-------------------------|------------|--------------------|---------------------------------|--------|----|--------|
| unterstützend | Ziffer | identisch - kongruent | -7,54 | 4,66 | 1,90 | -3,961 | 5 | ,011 |
| | | identisch - inkongruent | -67,23 | 23,03 | 9,40 | -7,150 | 5 | ,001 |
| | | kongruent - inkongruent | -59,69 | 21,65 | 8,84 | -6,751 | 5 | ,001 |

| Unterstützung | Primeformat | kongruent | Mittelwert | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert |
|------------------------------|-------------|-------------------------|------------|--------------------|---------------------------------|--------|----|--------|
| Nicht unterstützendes Format | Zahlwort | identisch - kongruent | -8,05 | 17,77 | 7,25 | -1,110 | 5 | ,317 |
| | | identisch - inkongruent | -36,6 | 30,33 | 12,38 | -2,958 | 5 | ,032 |
| | | kongruent - inkongruent | -28,57 | 21,39 | 8,73 | -3,271 | 5 | ,022 |

| Unterstützung | Primeformat | kongruent | Mittelwert | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert |
|------------------------------|-------------|-------------------------|------------|--------------------|---------------------------------|--------|----|--------|
| Nicht unterstützendes Format | Ziffer | identisch - kongruent | -38,24 | 18,11 | 7,39 | -5,172 | 5 | ,004 |
| | | identisch - inkongruent | -53,88 | 21,26 | 8,68 | -6,203 | 5 | ,002 |
| | | kongruent - inkongruent | -15,61 | 15,63 | 6,38 | -2,447 | 5 | ,058 |

Fehlerhäufigkeiten

| Faktor | Freiheitsgrade | F-Wert | p-Wert |
|---|----------------|--------|--------|
| SOA | 1,47; 7,38 | 2,892 | ,125 |
| Unterstützung | 1; 5 | 1,309 | ,304 |
| Primeformat | 1; 5 | ,839 | ,402 |
| Kongruenz | 2; 20 | 9,833 | ,004 |
| SOA * Unterstützung | 3; 15 | 1,317 | ,306 |
| SOA * Primeformat | 3; 15 | ,743 | ,543 |
| Unterstützung * Primeformat | 1; 5 | 5,900 | ,059 |
| SOA * Unterstützung * Primeformat | 2,61; 13, 07 | ,960 | ,430 |
| SOA * Kongruenz | 5,62; 28,09 | 4,002 | ,006 |
| Unterstützung * Kongruenz | 1,15; 5,75 | ,816 | ,421 |
| SOA * Unterstützung * Kongruenz | 6; 30 | 1,465 | ,224 |
| Primeformat * Kongruenz | 1,59; 7,98 | 5,258 | ,040 |
| SOA * Primeformat * Kongruenz | 6; 30 | 1,239 | ,315 |
| Unterstützung * Primeformat * Kongruenz | 2; 20 | ,645 | ,545 |
| SOA * Unterstützung * Primeformat * Kongruenz | 6; 30 | 1,051 | ,413 |

Fehlerhäufigkeiten zu Kongruenz * Unterstützung (nicht signifikant)

| Unterstützung | Kongruenz | FEHLER | |
|------------------------------|-------------|---------|--------|
| | | richtig | falsch |
| unterstützendes Format | identisch | 98,5% | 1,5% |
| | kongruent | 97,9% | 2,1% |
| | inkongruent | 95,8% | 4,2% |
| nicht unterstützendes Format | identisch | 97,2% | 2,8% |
| | kongruent | 96,1% | 3,9% |
| | inkongruent | 94,6% | 5,4% |

Varianzanalyse zum Einfluß des Blocktyps und des Primeformats

Reaktionszeiten

| Faktor | Freiheitsgrade | F-Wert | p-Wert |
|------------------------------------|----------------|--------|--------|
| Blocktyp | 2,69; 13,45 | 18,246 | ,000 |
| Primeformat | 1; 5 | 19,303 | ,007 |
| Kongruenz | 1,36; 6,79 | 21,472 | ,002 |
| Blocktyp * Primeformat | 3; 15 | ,773 | ,527 |
| Blocktyp * Kongruenz | 6; 30 | 2,930 | ,023 |
| Primeformat * Kongruenz | 2; 10 | 7,633 | ,010 |
| Blocktyp * Primeformat * Kongruenz | 5,86; 29,3 | 7,162 | ,000 |

Kongruenz * Blocktyp

| Blocktyp | Kongruenz | Mittelwert | N | Standard-abweichung | Standardfehler des Mittelwertes |
|-------------------------------|-------------|------------|---|---------------------|---------------------------------|
| <5>/ unterstützend | identisch | 445,69 | 6 | 25,186 | 10,28 |
| | kongruent | 454,60 | 6 | 26,59 | 10,85 |
| | inkongruent | 493,42 | 6 | 18,76 | 7,65 |
| Parität / unterstützend | identisch | 472,67 | 6 | 33,69 | 13,75 |
| | kongruent | 488,25 | 6 | 29,94 | 12,22 |
| | inkongruent | 521,73 | 6 | 13,94 | 5,69 |
| <5>/ nicht unterstützend | identisch | 466,75 | 6 | 32,09 | 13,10 |
| | kongruent | 483,72 | 6 | 30,45 | 12,43 |
| | inkongruent | 509,91 | 6 | 21,87 | 8,92 |
| Parität / nicht unterstützend | identisch | 510,26 | 6 | 48,29 | 19,71 |
| | kongruent | 536,73 | 6 | 48,61 | 19,84 |
| | inkongruent | 555,17 | 6 | 37,76 | 15,41 |

| Blocktyp | Kongruenz | Mittelwert | Standard- abweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert |
|-------------------------|-------------------------|------------|-------------------------|------------------------------------|--------|----|--------|
| <5>/ unter- stützend | identisch - kongruent | -8,9 | 7,98 | 3,26 | -2,732 | 5 | ,041 |
| | identisch - inkongruent | -47,73 | 23,41 | 9,55 | -4,994 | 5 | ,004 |
| | kongruent - inkongruent | -38,82 | 21,53 | 8,78 | -4,417 | 5 | ,007 |

| Blocktyp | Kongruenz | Mittelwert | Standarda- bweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert |
|----------------------------|-------------------------|------------|-------------------------|------------------------------------|--------|----|--------|
| Parität / unterstützend | identisch - kongruent | -15,57 | 9,16 | 3,73 | -4,165 | 5 | ,009 |
| | identisch - inkongruent | -49,05 | 26,33 | 10,75 | -4,562 | 5 | ,006 |
| | kongruent - inkongruent | -33,48 | 21,28 | 8,69 | -3,853 | 5 | ,012 |

| Blocktyp | Kongruenz | Mittelwert | Standard- abweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert |
|-----------------------------|-------------------------|------------|-------------------------|------------------------------------|--------|----|--------|
| <5>/ nicht unterstützend | identisch - kongruent | -16,97 | 6,98 | 2,85 | -5,947 | 5 | ,002 |
| | identisch - inkongruent | -43,16 | 19,76 | 8,06 | -5,349 | 5 | ,003 |
| | kongruent - inkongruent | -26,19 | 14,88 | 6,07 | -4,309 | 5 | ,008 |

| Blocktyp | Kongruenz | Mittelwert | Standar- dabweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert |
|---------------------------------------|-------------------------|------------|-------------------------|------------------------------------|--------|----|--------|
| Parität / nicht unter- stützend | identisch - kongruent | -26,47 | 21,667 | 8,84 | -2,993 | 5 | ,030 |
| | identisch - inkongruent | -44,91 | 28,38 | 11,58 | -3,876 | 5 | ,012 |
| | kongruent - inkongruent | -18,44 | 16,46 | 6,72 | -2,743 | 5 | ,041 |

Kongruenz * Blocktyp * Primeformat

| Primeformat | Blocktyp | Kongruenz | Mittelwert | N | Standard- abweichung | Standardfehler des Mittelwertes |
|-------------|----------------------------------|-------------|------------|---|-------------------------|------------------------------------|
| Zahlwort | <5>/ unterstützend | identisch | 453,99 | 6 | 23,25 | 9,49 |
| | | kongruent | 464,03 | 6 | 25,03 | 10,21 |
| | | inkongruent | 486,60 | 6 | 23,95 | 9,78 |
| | Parität / unter- stützend | identisch | 481,27 | 6 | 35,15 | 14,35 |
| | | kongruent | 505,15 | 6 | 28,04 | 11,45 |
| | | inkongruent | 510,65 | 6 | 13,65 | 5,57 |
| | <5>/ nicht unterstüt- zend | identisch | 474,78 | 6 | 35,46 | 14,47 |
| | | kongruent | 475,6 | 6 | 26,10 | 10,65 |
| | | inkongruent | 516,57 | 6 | 20,24 | 8,26 |
| | Parität / nicht unterstützend | identisch | 526,83 | 6 | 43,19 | 17,63 |
| | | kongruent | 537,81 | 6 | 62,52 | 25,52 |
| | | inkongruent | 556,49 | 6 | 41,77 | 17,05 |
| Ziffer | <5>/ unterstützend | identisch | 437,39 | 6 | 28,65 | 11,69 |
| | | kongruent | 445,16 | 6 | 28,97 | 11,82 |
| | | inkongruent | 500,25 | 6 | 13,78 | 5,62 |
| | Parität / unter- stützend | identisch | 464,08 | 6 | 36,67 | 14,97 |
| | | kongruent | 471,35 | 6 | 34,83 | 14,22 |
| | | inkongruent | 532,81 | 6 | 18,14 | 7,40 |
| | <5>/ nicht unterstüt- zend | identisch | 458,72 | 6 | 31,82 | 12,99 |
| | | kongruent | 491,84 | 6 | 36,04 | 14,71 |
| | | inkongruent | 503,26 | 6 | 24,76 | 10,10 |
| | Parität / nicht unterstützend | identisch | 493,69 | 6 | 54,06 | 22,07 |
| | | kongruent | 535,66 | 6 | 35,66 | 14,56 |
| | | inkongruent | 553,86 | 6 | 36,17 | 14,76 |

| Prime-format | Blocktyp | Kongruenz | Mittelwert | Standard-abweichung | Standard-fehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert $\alpha' = ,008$ |
|--------------|---------------------|-------------------------|------------|---------------------|----------------------------------|--------|----|----------------------------|
| Zahlwort | <5> / unterstützend | identisch - kongruent | -10,04 | 9,27 | 3,78 | -2,652 | 5 | ,045 |
| | | identisch - inkongruent | -32,60 | 27,51 | 11,23 | -2,903 | 5 | ,034 |
| | | kongruent - inkongruent | -22,56 | 22,81 | 9,31 | -2,423 | 5 | ,060 |
| Ziffer | <5> / unterstützend | identisch - kongruent | -7,77 | 7,50 | 3,06 | -2,536 | 5 | ,052 |
| | | identisch - inkongruent | -62,86 | 24,32 | 9,93 | -6,329 | 5 | ,001 |
| | | kongruent - inkongruent | -55,08 | 23,98 | 9,79 | -5,625 | 5 | ,002 |

| Prime-format | Blocktyp | Kongruenz | Mittelwert | Standard-abweichung | Standard-fehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert $\alpha' = ,008$ |
|--------------|-------------------------|-------------------------|------------|---------------------|----------------------------------|----------|----------|----------------------------|
| Zahlwort | Parität / unterstützend | identisch - kongruent | -23,88 | 13,46 | 5,49 | -38,0211 | -9,7523 | -4,344 |
| | | identisch - inkongruent | -29,38 | 36,43 | 14,87 | -67,6250 | 8,8550 | -1,975 |
| | | kongruent - inkongruent | -5,49 | 27,75 | 11,33 | -34,6269 | 23,6303 | -,485 |
| Ziffer | Parität/ unterstützend | identisch - kongruent | -7,26 | 10,48 | 4,27 | -18,2672 | 3,7339 | -1,698 |
| | | identisch - inkongruent | -68,73 | 23,88 | 9,75 | -93,7970 | -43,6697 | -7,049 |
| | | kongruent - inkongruent | -61,46 | 22,52 | 9,19 | -85,1062 | -37,8271 | -6,684 |

| Primeformat | Blocktyp | Kongruenz | Mittelwert | Standard-abweichung | Standard-fehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert $\alpha' = ,008$ |
|-------------|---------------------------|-------------------------|------------|---------------------|----------------------------------|--------|----|----------------------------|
| Zahlwort | <5> / nicht unterstützend | identisch - kongruent | -,82 | 16,07 | 6,56 | -,125 | 5 | ,905 |
| | | identisch - inkongruent | -41,78 | 26,73 | 10,91 | -3,829 | 5 | ,012 |
| | | kongruent - inkongruent | -40,96 | 16,96 | 6,92 | -5,915 | 5 | ,002 |
| Ziffer | <5> / nicht unterstützend | identisch - kongruent | -33,11 | 14,12 | 5,76 | -5,745 | 5 | ,002 |
| | | identisch - inkongruent | -44,53 | 15,94 | 6,5 | -6,843 | 5 | ,001 |
| | | kongruent - inkongruent | -11,41 | 20,45 | 8,35 | -1,367 | 5 | ,230 |

| Prime-format | Blocktyp | Kongruenz | Mittelwert | Standard-abweichung | Standard-fehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert $\alpha' = ,008$ |
|--------------|---------------------------------------|-------------------------|------------|---------------------|----------------------------------|--------|----|----------------------------|
| Zahlwort | Parität / nicht unter- stützend | identisch - kongruent | -10,98 | 30,31 | 12,37 | -,887 | 5 | ,416 |
| | | identisch - inkongruent | -29,66 | 36,71 | 14,98 | -1,979 | 5 | ,105 |
| | | kongruent - inkongruent | -18,68 | 31,67 | 12,93 | -1,445 | 5 | ,208 |
| Ziffer | Parität/ nicht unter- stützend | identisch - kongruent | -41,97 | 30,30 | 12,37 | -3,392 | 5 | ,019 |
| | | identisch - inkongruent | -60,17 | 27,71 | 11,31 | -5,318 | 5 | ,003 |
| | | kongruent - inkongruent | -18,2 | 16,83 | 6,87 | -2,648 | 5 | ,046 |

Varianzanalyse zum Einfluß des Blocktyps mit SOA

Reaktionszeiten

| Faktor | Freiheitsgrade | F-Wert | p-Wert |
|----------------------------|----------------|--------|--------|
| SOA | 2,74; 13,69 | 4,379 | ,025 |
| Blocktyp | 2,87; 14,36 | 18,190 | ,000 |
| Kongruenz | 1,37; 6,85 | 22,673 | ,001 |
| SOA * Blocktyp | 6,18; 30,88 | ,701 | ,654 |
| SOA * Kongruenz | 3,84; 19,19 | 21,500 | ,000 |
| Blocktyp * Kongruenz | 6; 30 | 2,537 | ,042 |
| SOA * Blocktyp * Kongruenz | 6,99; 34,99 | 1,610 | ,165 |

Fehlerhäufigkeiten

| Faktor | Freiheitsgrade | F-Wert | p-Wert |
|----------------------------|----------------|--------|--------|
| SOA | 1,55; 7,73 | 2,958 | ,117 |
| Blocktyp | 3; 15 | 1,272 | ,320 |
| Kongruenz | 2; 10 | 8,997 | ,006 |
| SOA * Blocktyp | 9; 45 | 1,489 | ,181 |
| SOA * Kongruenz | 5,49; 27,48 | 4,349 | ,004 |
| Blocktyp * Kongruenz | 6; 30 | 2,604 | ,038 |
| SOA * Blocktyp * Kongruenz | 9,99; 49,98 | 1,205 | ,311 |

Blocktyp * Kongruenz

| Blocktyp | Kongruenz | FEHLER | |
|-------------------------------|-------------|---------|--------|
| | | richtig | falsch |
| <5>/unterstützend | identisch | 98,7% | 1,3% |
| | kongruent | 98,5% | 1,5% |
| | inkongruent | 96,9% | 3,1% |
| Parität / unterstützend | identisch | 98,4% | 1,6% |
| | kongruent | 97,4% | 2,6% |
| | inkongruent | 94,9% | 5,1% |
| <5> / nicht unterstützend | identisch | 97,9% | 2,1% |
| | kongruent | 97,4% | 2,6% |
| | inkongruent | 96,6% | 3,4% |
| Parität / nicht unterstützend | identisch | 96,5% | 3,5% |
| | kongruent | 94,8% | 5,2% |
| | inkongruent | 92,8% | 7,2% |

| Blocktyp | Kongruenz | Mittelwert | Standard-abweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert |
|--------------------|-------------------------|------------|---------------------|---------------------------------|--------|----|--------|
| <5>/ unterstützend | identisch - kongruent | 0,02 | 0,02 | 0,01 | -2,162 | 5 | ,083 |
| | identisch - inkongruent | 0,02 | 0,02 | 0,01 | -2,584 | 5 | ,049 |
| | kongruent - inkongruent | 0,04 | 0,04 | 0,01 | -,246 | 5 | ,815 |

| Blocktyp | Kongruenz | Mittelwert | Standard-abweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert |
|-------------------------|-------------------------|------------|---------------------|---------------------------------|--------|----|--------|
| Parität / unterstützend | identisch - kongruent | 0,07 | 0,06 | 0,02 | -,297 | 5 | ,778 |
| | identisch - inkongruent | 0,08 | 0,07 | 0,02 | -2,941 | 5 | ,032 |
| | kongruent - inkongruent | 0,07 | 0,05 | 0,02 | -3,345 | 5 | ,020 |

| Blocktyp | Kongruenz | Mittelwert | Standard-abweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert |
|--------------------------|-------------------------|------------|---------------------|---------------------------------|--------|----|--------|
| <5>/ nicht unterstützend | identisch - kongruent | 0,002 | 0,02 | 0,01 | -,123 | 5 | ,907 |
| | identisch - inkongruent | 0,002 | 0,03 | 0,01 | -1,472 | 5 | ,201 |
| | kongruent - inkongruent | -0,002 | 0,04 | 0,02 | -,779 | 5 | ,471 |

| Blocktyp | Kongruenz | Mittelwert | Standard-abweichung | Standardfehler des Mittelwertes | T-Wert | df | p-Wert |
|-------------------------------|-------------------------|------------|---------------------|---------------------------------|--------|----|--------|
| Parität / nicht unterstützend | identisch - kongruent | 0,02 | 0,02 | 0,01 | -2,665 | 5 | ,045 |
| | identisch - inkongruent | 0,09 | 0,08 | 0,03 | -2,727 | 5 | ,041 |
| | kongruent - inkongruent | 0,04 | 0,07 | 0,03 | -1,649 | 5 | ,160 |

Varianzanalyse für die Identifikation

| Faktor | Freiheitsgrade | F-Wert | p-Wert |
|-------------------|----------------|--------|--------|
| SOA | 3; 15 | ,504 | ,685 |
| Primeformat | 1; 5 | ,909 | ,384 |
| SOA * Primeformat | 1,88; 9,38 | ,572 | ,572 |

T-Test gegen 0

| SOA | Primeformat | T-Wert | df | p-Wert $\alpha' = ,006$ |
|-----|-------------|--------|----|----------------------------|
| 28 | Zahlwort | ,159 | 5 | ,880 |
| | Ziffer | ,069 | 5 | ,948 |
| 42 | Zahlwort | -,700 | 5 | ,515 |
| | Ziffer | 2,756 | 5 | ,040 |
| 56 | Zahlwort | ,069 | 5 | ,948 |
| | Ziffer | 1,160 | 5 | ,298 |
| 70 | Zahlwort | 2,756 | 5 | ,040 |
| | Ziffer | ,816 | 5 | ,451 |